387
F84ps

MINISTÈRE
DES TRAVAUX PUBLICS, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

PORTS MARITIMES
DE LA FRANCE

NOTICE COMPLÉMENTAIRE
SUR
LE PORT DE SAINT-MALO-SAINT-SERVAN

MODIFICATIONS SURVENUES DE 1876 À 1909

PAR M. L. CORBEAUX
INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

ET M. FOUCAULT
INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

12-25

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

MDCCCCX

Gaylord Bros.
Makers
Syracuse, N. Y.
PAT. JAN 21, 1908

MINISTÈRE
DES TRAVAUX PUBLICS, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

PORTS MARITIMES
DE LA FRANCE

NOTICE COMPLÉMENTAIRE
SUR
LE PORT DE SAINT-MALO-SAINT-SERVAN

MODIFICATIONS SURVENUES DE 1876 À 1909

PAR M. L. CORBEAUX
INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

ET M. FOUCAULT
INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

MDCCCCX

Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/portsmaritimesde00fran

387
F84ps

PORT

DE

SAINT-MALO-SAINT-SERVAN.

CHAPITRE PREMIER.

RENSEIGNEMENTS GÉOGRAPHIQUES ET HYDROGRAPHIQUES.

Modifications à apporter aux renseignements géographiques et hydrographiques contenus dans la notice de 1877.

Atterrages. — Le feu flottant des Minquiers a été remplacé par les bouées lumineuses des Minquiers.

Le feu du Jardin et celui de la Pierre de Herpin ont été renforcés au moyen de brûleurs à incandescence en 1905; le feu des Bas-Sablons (occultations de 4 en 4 secondes) est blanc depuis 1907; les feux de la Ballue et de Rochebonne ont été renforcés par des brûleurs à incandescence à la même époque.

Enfin un cor de brume avec moteur à pétrole est installé au phare de Herpin, et une bouée à cloche sous-marine sera mouillée au large du phare du Jardin.

L'Administration des Ponts et Chaussées n'entretient plus aucun corps-mort dans les rades de Saint-Malo, de Dinard ou de Solidor.

Niveau moyen de la mer. — Il se trouve à la cote 0,05 du nouveau nivellement général de la France, dont le zéro se trouve ainsi à +6,78 des cartes marines.

CHAPITRE II.

HISTORIQUE.

Complément de l'historique des travaux exécutés par l'Administration des Ponts et Chaussées.

La décision du 7 septembre 1870, visée par la notice de 1877 (p. 42), n'a pas été suivie de l'exécution qui était alors prévue. Ne pouvant mettre d'accord les désirs opposés des localités, on adopta, par un décret du 12 janvier 1875, le projet de construction d'une écluse simple de 13 mètres de largeur, à construire au Talard. Cette écluse, demandée par les armateurs à la grande pêche, devait transformer le réservoir intérieur en bassin où les bateaux de Terre-Neuve pourraient hiverner et éviter ainsi tous les inconvénients de l'échouage.

L'écluse fut établie sur le rocher, au fond du port de Saint-Servan, à l'emplacement des pertuis de la digue de réduction qui limitait ce bassin; elle fut achevée en 1878, après avoir été munie de portes d'èbe et de flot, constituées par les vantaux en bois qui avaient d'abord été destinés à la petite écluse de 13 mètres, construite de 1849 à 1858, mais qui n'y avaient jamais été mis en place. Cette écluse simple du Talard fut transformée en écluse à sas vers 1885 et munie, à ce moment, d'une nouvelle paire de vantaux recevant la pression du côté de Saint-Servan, et ayant la même origine que les précédents. Elle isole aujourd'hui le bassin de Saint-Servan et le bassin intérieur, dont l'utilisation prévue n'a d'ailleurs pas été réalisée.

L'achèvement des travaux devant doter le port de bassins de navigation fut encore remis en question après l'abandon du projet de 1870, et une Commission d'inspecteurs généraux, nommée par le Ministre des Travaux Publics, fut appelée à étudier les travaux à faire pour mettre un terme aux difficultés qui, depuis si longtemps, tenaient en suspens l'achèvement des ouvrages du port de Saint-Malo-Saint-Servan.

De l'étude qui fut ainsi faite, il résultait :

1° Que l'achèvement des travaux, suivant le programme de 1836, ne semblait plus devoir coûter que 3.200.000 francs, mais avec des inconvénients au point de vue nautique et commercial tels qu'on ne devait pas hésiter à écarter cette solution;

2° Que la combinaison approuvée par la décision ministérielle du 7 septembre 1870 répondait imparfaitement aux besoins de Saint-Malo, et présentait de pires inconvénients pour la navigation, à moins de construire une nou-

velle écluse à l'intérieur du port. Or, l'exécution du projet de 1870 paraissait devoir coûter 7.850.000 francs, et, si on y ajoutait une nouvelle écluse, l'estimation s'élevait à 10.700.000 francs.

Dans ces conditions, suivant l'avis de la Commission et du Conseil général des Ponts et Chaussées, une décision ministérielle du 11 octobre 1878 prescrivit l'étude d'un projet de «deux bassins à flot distincts, situés dans le port actuel, symétriquement par rapport à l'ouverture existante, et laissant entre eux un avant-port de dimensions suffisantes pour les besoins respectifs de Saint-Malo et de Saint-Servan». Il était prévu, en même temps, que les anciennes écluses seraient transformées en cales de radoub. Cette utilisation n'a cependant pas été réalisée jusqu'à ces derniers temps.

L'avant-projet, rapidement dressé sur ces bases par M. l'ingénieur en chef Mengin et M. l'ingénieur Belley, fut approuvé par l'Administration supérieure dès le 22 mars 1879, et la loi du 31 juillet 1879 déclara l'utilité publique des travaux dont la dépense était évaluée à 10 millions.

Les enquêtes préparatoires n'avaient pas soulevé d'objection sérieuse et la Chambre de commerce, tout en exprimant son vif regret de l'abandon du programme de 1836, ne s'était pas opposée aux dispositions nouvelles.

En 1884 et 1885, les bassins furent ouverts au commerce, et un régime nouveau de relations beaucoup plus directes entre Saint-Malo, la Gare et Saint-Servan put s'établir dans la suite par l'usage des ponts mobiles joignant les rives des écluses.

En dehors de ces travaux de navigation, il fallut procéder à l'asséchement des terrains bas situés derrière le nouveau bassin de Saint-Malo et qui ne profitaient plus des conditions antérieures pour l'écoulement des eaux à mer basse. La grève de Rocabey fut ainsi desséchée par des drainages aboutissant à un aqueduc construit de 1886 à 1887 et qui se termine au Routhouan, un peu en amont du point où celui-ci entre en aqueduc convert sous les quais de Saint-Servan.

Depuis la création des bassins, peu de travaux neufs ont été exécutés. On doit signaler toutefois :

1° Le remplacement des vantaux en bois provenant de l'ancienne écluse de 18 mètres et utilisés d'abord à Saint-Servan. Après leur rupture (7 octobre 1892), on leur a substitué des portes métalliques analogues à celles de l'écluse de Saint-Malo;

2° L'établissement d'un pont tournant pour voie ferrée, permettant le franchissement de l'écluse du Talard;

3° L'établissement, à l'aide de fonds fournis par la Chambre de commerce de Saint-Malo, de nouveaux quais verticaux, dont 354 mètres dans le bassin de Saint-Servan et 690 mètres dans le bassin de Saint-Malo; ces derniers travaux, autorisés par décret du 6 juillet 1899, ont été exécutés de 1900 à 1902.

Enfin il est à prévoir que la transformation de l'ancienne écluse de 18 mètres en forme de radoub sera prochainement réalisée.

Dépenses concernant le port de Saint-Malo-Saint-Servan. — La notice de 1877 fait ressortir qu'il avait été accordé des crédits successifs pour les travaux du port, dont le montant s'était élevé, par la décision ministérielle du 18 septembre 1863, à 17.700.000 francs. En réalité, il avait été dépensé, jusqu'au 31 décembre 1875, une somme totale de 17.497.000 francs. Depuis cette date, on relève les dépenses suivantes sur crédits autres que ceux d'entretien :

Réparations et améliorations des ouvrages du port exécutées de 1876 à 1879		79.258f 31c
Construction de l'écluse du Talard (avant 1880)		305.381 11
Sondages, réparations de matériel et opérations préparatoires aux travaux du programme de 1879		70.814 72
Travaux du programme de 1879.	Fondations	2.464.192 09
	Maçonneries et terrassements	4.741.207 28
	Chaux et ciments	1.453.626 93
	Achèvement et mise en place, à Saint-Servan, des anciennes portes en bois	39.992 21
	Portes métalliques de l'écluse de Saint-Malo	392.009 25
	Machinerie, manœuvres hydrauliques et ponts mobiles	1.081.378 91
	Divers, accessoires, matériel, bâtiments, indemnités	198.453 48
Desséchement de la grève de Rocabey		87.566 77
Rectification du Routhouan, aménagements de quais et de débarcadères, rescindements, améliorations, etc., de 1888 à 1907		252.269 46
Remplacement par des portes métalliques des portes en bois de l'écluse de Saint-Servan (y compris une indemnité de 7.344 fr. 56)		302.029 14
Construction d'un pont tournant à l'écluse du Talard et recouvrement de l'aqueduc d'alimentation du bassin intérieur		60.186 77
Construction de nouveaux quais (décret du 6 juillet 1899)		1.525.000 00
Dragages, approfondissements, dévasements, entretien du matériel de dragage, de 1888 à 1907		317.357 91
Réparations, renouvellements, modifications à l'outillage hydraulique, à la machinerie et aux manœuvres des portes (en dehors de l'entretien ordinaire) jusqu'en décembre 1907		52.495 23
Total		13.423.219 57

Ainsi, depuis 1836, le port de Saint-Malo-Saint-Servan aurait coûté près de 31 millions. De ce total, pour évaluer le sacrifice de l'État, il faut déduire une subvention très faible, d'environ 30.000 francs, consentie par les villes

pour les travaux les intéressant plus directement, et les subventions de la Chambre de commerce, qui a payé entièrement les nouveaux quais et contribué pour près de 600.000 francs au règlement des dépenses du programme de 1879. La contribution totale de la Chambre de commerce est ainsi d'environ 2.200.000 francs, l'État ayant fourni lui-même à peu près 29 millions.

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE III.

DESCRIPTION DES OUVRAGES DU PORT.

§ 1er. Description des ouvrages construits en exécution de la loi du 31 juillet 1879.

Nouvelle disposition du port par l'établissement de deux barrages éclusés. — La surface en forme de fer à cheval qui constituait autrefois les ports intérieurs de Saint-Malo et de Saint-Servan se trouve maintenant divisée en trois tronçons par les deux barrages éclusés qui ont isolé les bassins à flot de Saint-Malo et Saint-Servan aux deux extrémités, tandis que la partie centrale, toujours en relation avec la mer par l'ancienne passe de 100 mètres de largeur, non modifiée, forme le port de marée qu'il faut traverser pour accéder aux écluses.

Écluses. — Dispositions d'ensemble. — Les deux écluses des bassins, identiques dans leurs dispositions générales, sont caractérisées comme suit :

Longueur totale entre musoirs (Saint-Malo)			149m,50
Longueur entre buscs semblables			101 00
Longueur utile comptée depuis la corde du busc amont jusqu'à l'origine de l'enclave de la chambre des portes aval			89 75
Largeur entre couronnements des bajoyers établis avec fruit de 1/20e			18 00
Longueur de bajoyer entre enclaves des portes d'èbe et de flot voisines			7 00
Flèche du radier (arc de cercle)			1 00
Cote du dessus des tablettes de couronnement des bajoyers			14 06
Cote du haut radier dans l'axe des écluses			3 56
Cote du radier dans la chambre des portes			3 06
Saillie des buscs			0 50
Flèche des buscs			1/5e
Hauteur d'eau sur l'axe du haut radier	à basse mer	de vive eau ordinaire	à sec.
		de morte eau ordinaire (4,60)	1m,04
	à pleine mer	de morte eau ordinaire (9,06)	5 50
		de vive eau ordinaire (13,06)	9 50

Les écluses sont fermées par deux paires de vantaux d'èbe et deux paires de vantaux de flot, le niveau des bassins restant intermédiaire entre les cotes extrêmes atteintes par les pleines mers. On écluse donc, suivant les circonstances de marée, soit avec les portes d'èbe, soit avec les portes de flot, et on évite généralement l'entrée des navires toutes portes ouvertes, à cause du défaut d'étale et de la nécessité de garder le niveau du bassin au-dessus du plein de

la mer en mortes eaux. Il n'a pas été ménagé de feuillure permettant la fermeture par bateau-porte.

Des aqueducs voûtés en plein cintre de 1^{m},80 de largeur sur 2^{m},75 de hauteur, et dont le radier est uniformément à la cote 4,56, parcourent toute la longueur des bajoyers; leurs extrémités se font face dans les têtes de l'ouvrage où les aqueducs s'ouvrent normalement à l'axe de l'écluse. Les extrémités amont des aqueducs de l'écluse de Saint-Servan débouchent toutefois directement dans le bassin et parallèlement à l'axe de l'écluse.

Sur chacun des aqueducs longitudinaux s'embranchent trois aqueducs transversaux voûtés en arc de cercle de 2 mètres de hauteur et de 1 mètre de largeur; ils débouchent à intervalles régulièrement espacés dans l'intérieur du sas.

Des vannes ferment les aqueducs principaux en amont et en aval, au droit des pilastres des buses. D'autres vannes peuvent fermer isolément chacun des aqueducs transversaux; la rainure de ces petites vannes s'ouvre à 0^{m},90 de l'arête du couronnement des bajoyers.

Dans chaque bajoyer sont scellées deux échelles à l'intérieur de feuillures spéciales. Des logements taillés dans le parement contiennent des organeaux à deux niveaux différents.

Tous les appareils de manœuvre des portes, comme les mécanismes de commande des vannes et des cabestans établis sur les bajoyers, se trouvent logés dans les maçonneries sans y faire de saillie; ils sont recouverts de plaques de fonte et n'entravent ni la circulation ni le halage.

L'accès de l'écluse de Saint-Malo est facilité par une jetée d'embectage de 62 mètres de longueur, constituée par un massif de maçonnerie large de 3^{m},40 en crête et évidé du côté opposé à l'écluse, et sur la moitié de son épaisseur, par une série de voûtes en arc de cercle d'une ouverture de 4 mètres, reposant sur des piles de 2 mètres d'épaisseur.

Aucune disposition spéciale ne facilite l'accès de l'écluse de Saint-Servan en dehors des anciens quais partant des pertuis.

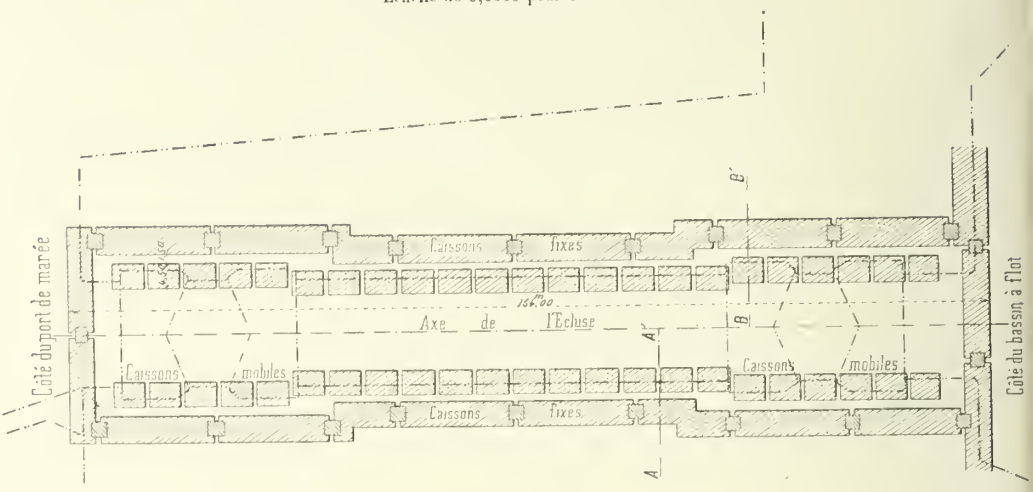
Le franchissement des écluses est assuré au moyen de ponts roulants identiques, larges de 7 mètres, et dont l'installation a considérablement diminué les distances entre les deux villes de Saint-Servan et Saint-Malo d'une part, et entre la gare de l'Ouest et la ville de Saint-Malo d'autre part. La route la plus courte existant autrefois exigeait, en effet, un long détour par Rocabey et le Sillon. Ces ponts roulants sont installés en dehors et en amont du sas à Saint-Malo, en aval à Saint-Servan; ils se trouvent complètement en dehors des chambres des portes. On a choisi le système adopté, de préférence aux ponts tournants, afin de ne pas allonger les ouvrages et de réduire au minimum la gêne causée aux mouvements des navires.

La possibilité de recourir à des manœuvres hydrauliques rendait moins sensible l'inconvénient de ce système, qui exige beaucoup de force et serait inadmissible par manœuvres à bras; d'un autre côté, l'établissement de galets et de sole de roulement d'une résistance suffisante n'était pas un obstacle insurmon-

table, et l'emploi de l'acier permit effectivement de s'affranchir des soucis qu'avait donnés le pont du Millwall dock, à Londres.

Fig. 1. — Écluse de Saint-Malo. — Plan des fondations.

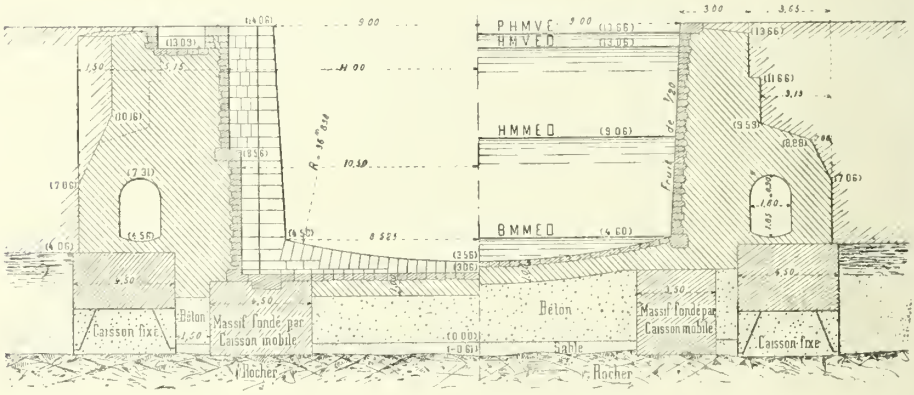
Échelle de 0,0008 pour 1 mètre.



Procédé d'exécution des écluses et des murs-barrages adjacents. — 1° *Écluse de Saint-Malo.* A l'emplacement de cette écluse, on ne trouvait le rocher que vers

Fig. 2. — Écluse de Saint-Malo. — Coupes transversales.

Échelle de 0,003 pour 1 mètre.



le zéro des cartes ou un peu au-dessous; il était, en général, recouvert de roche désagrégée, mais résistante, communément appelée mine. On prit le parti de descendre jusqu'au rocher la fondation de tout le pourtour de l'écluse.

A cet effet, sur tout le périmètre, des caissons perdus furent foncés à l'air comprimé et reliés entre eux avec soin, comme il est dit dans la note de M. l'ingénieur en chef Mengin (*Annales des Ponts et Chaussées*, janvier 1883, p. 17 à 25), de manière à former une sorte d'encaissement devant recevoir sur ses longs côtés la partie arrière du massif des bajoyers. Pour assurer à leur partie antérieure d'aussi bonnes conditions de stabilité, une nouvelle ligne de massifs fut établie à peu près à l'aplomb du parement des bajoyers. Ces massifs furent exécutés à l'air comprimé, sous caissons mobiles, et suivant le procédé que l'entrepreneur des travaux, M. Conrad Zschokke, venait lui-même d'employer à Paimbœuf.

L'intervalle entre les rangées de massifs appelés à porter les bajoyers a été rempli jusqu'au niveau limitant l'entreprise des fondations (c'est-à-dire vers la cote $+3,00$) par du béton coulé sous l'eau ou à sec. Le rectangle compris dans cette enceinte en maçonnerie a été ensuite dragué jusqu'à la cote $+1,00$ (sauf en amont sur une longueur de 40 mètres où l'on a atteint le zéro), et il a été rempli par un massif de béton de chaux du Teil (mortier à 400 kilogrammes par mètre cube de sable), épais de 2 mètres environ, et sur lequel a été appliquée la maçonnerie du radier. Ce béton a été coulé au moyen de bennes ouvrantes demi-cylindriques descendues par une grue flottante.

2° *Écluse de Saint-Servan.* L'emplacement de l'écluse ayant été choisi justement sur le rocher, il n'y a pas eu à exécuter de fondation spéciale : une maçonnerie de 50 centimètres d'épaisseur forme le radier dans les chambres des portes; sous les buses, la maçonnerie descend 50 centimètres plus bas pour donner une épaisseur totale de $1^m,50$; le reste du radier, dans le sas, n'est également qu'un simple revêtement de 50 centimètres.

En raison de ces mêmes circonstances, le mur de quai du bassin établi près de l'écluse, au N. E. de celle-ci et presque parallèlement, est fondé directement sur le rocher, sans sujétion spéciale.

3° *Barrage adjacent à l'écluse de Saint-Malo.* Ce barrage, dont l'épaisseur s'accroît quand on s'éloigne de l'écluse, comprend deux murs de quai, l'un limitant le bassin à flot et l'autre le port de marée. Ce dernier se retourne à peu près à angle droit pour donner un quai sensiblement parallèle à l'écluse et s'allongeant jusqu'au musoir aval. Le mur de quai amont a été établi avec beaucoup de soin, sa bonne exécution devant assurer l'étanchéité du bassin. Il a donc été établi sur une file de caissons perdus, foncés à l'air comprimé, ayant 6 mètres de largeur et formant un rideau continu, après jonctions, d'une longueur totale d'environ 140 mètres. Le rocher sur lequel ont été descendus les caissons est environ à la cote $(-1,00)$. Le mur aval a été simplement exécuté sur une fondation de béton coulé entre deux lignes de pieux et palplanches distantes de $6^m,25$. Le béton, épais de $1^m,50$, repose sur le sable vers la cote $(2,50)$. Les palplanches se trouvent à $0^m,75$ en avant du mur de quai, dont le fruit est de 0,15 sur toute la hauteur; ce mur a $2^m,50$ d'épaisseur en tête et

comporte deux redans de $0^m,45$, l'un vers la cote (+10), l'autre vers la cote (+7).

4° *Barrage adjacent à l'écluse de Saint-Servan.* Le rocher qu'on trouve sous l'écluse et dans toute la région du Sud du bassin de Saint-Servan plonge très vite à l'endroit du barrage, et le mur amont a encore dû être fondé à l'air comprimé; mais il a fallu descendre ici jusque vers (—5,50) avec des caissons larges de $6^m,50$ en général et d'une longueur moyenne de 25 mètres. Leur jonction a été réalisée par cloche mobile dans des puits de $3^m,25$ de côté ménagés entre extrémités. Cette fondation sur caissons a d'ailleurs été poursuivie sur une trentaine de mètres sous le quai perpendiculaire au barrage. Les détails de l'opération font l'objet de la notice précitée, contenue dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (1883, I).

A l'aval, il n'existe pas de mur de quai, mais un simple perré à talus de 45° et dont le pied repose sur le sable vers la cote (3,80).

Dispositions communes aux maçonneries des ouvrages exécutés à Saint-Malo et Saint-Servan pour la réalisation du programme de 1879. — Les maçonneries de fondation, les maçonneries au dessous de la mi-marée, les parements et les maçonneries de pierre de taille sur toute la hauteur sont exécutés avec un mortier de ciment dosé à 500 kilogrammes pour un mètre cube de mortier.

Les voûtes des aqueducs et les enduits sont exécutés avec du mortier de ciment dosé à 600 kilogrammes.

Entre la mi-marée et la cote 11,06, le corps des maçonneries est exécuté avec du mortier de chaux du Teil, dosé à 350 kilogrammes par mètre cube.

Au-dessus de la cote 11,06, le mortier de chaux hydraulique ordinaire est dosé au 1/3.

Le mortier de rejointoiement comprend parties égales de sable et de ciment en volumes.

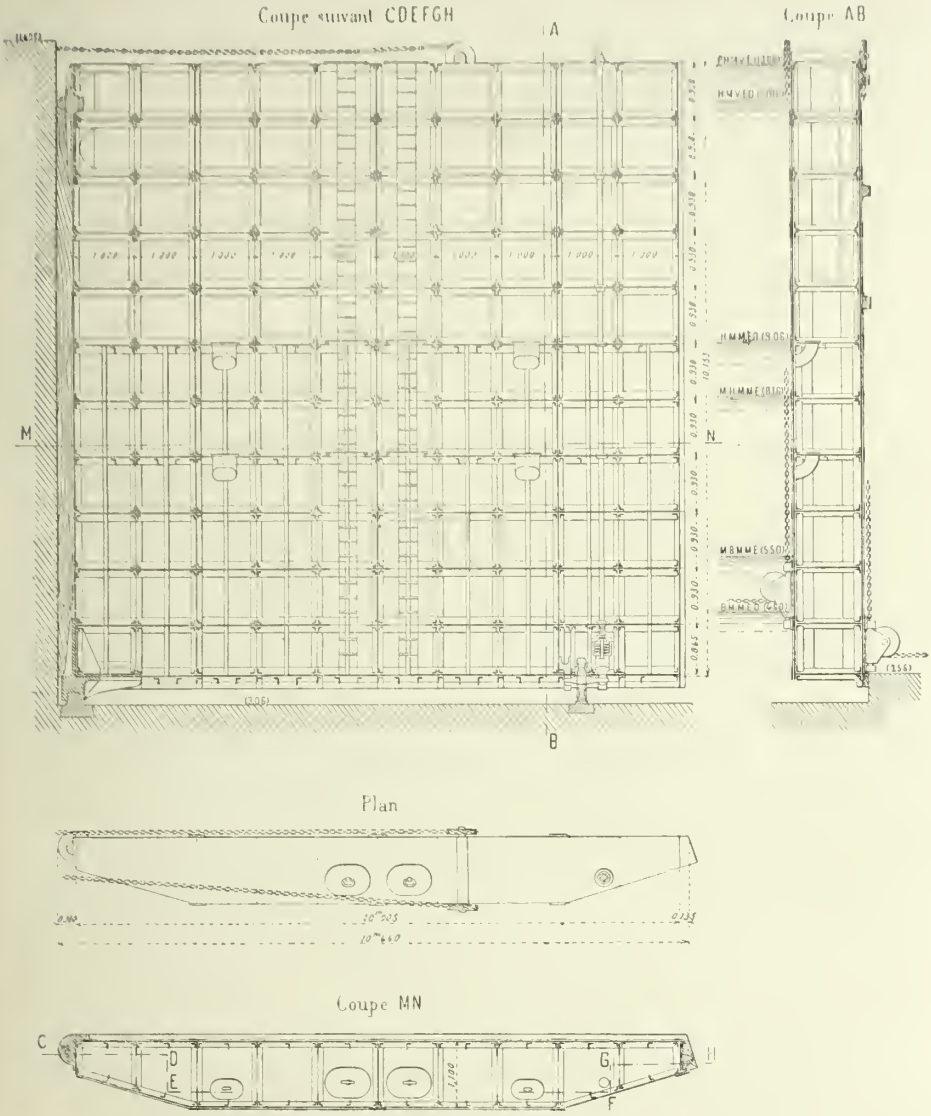
Portes de l'écluse de Saint-Malo. — Chaque vantail, dont les dispositions générales sont indiquées par les dessins, mesure $10^m,44$ de largeur, y compris les fourrures en bois du poteau tourillon et busqué et, suivant qu'il s'agit d'une porte de flot ou d'une porte d'ébe, $10^m,153$ ou $9^m,223$ de hauteur, du dessus de l'entretoise supérieure au-dessous de l'entretoise inférieure. L'épaisseur des vantaux ($1^m,12$ de dehors en dehors des bordés) reste constante sur $6^m,30$ de largeur environ, puis diminue progressivement et se réduit à $0^m,52$ aux extrémités.

L'ossature d'un vantail de flot est formée de 12 entretoises horizontales espacées de $0^m,93$ d'axe en axe, sauf toutefois en ce qui concerne l'entretoise inférieure, distante de $0^m,845$ de celle qui est au-dessus. Ces entretoises sont assemblées à leurs extrémités avec deux montants verticaux garnis de fourrures en bois de chêne et qui constituent les poteaux tourillons et busqués. Neuf pièces verticales, pleines ou évidées, espacées de 1 mètre et dont les âmes s'in-

terrompent au droit de chaque entretoise, constituent un système vertical contribuant à la résistance du vantail, calculée d'après la méthode de Lavoinne. Le

Fig. 3. — Porte de l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo.
Porte de flot.

Échelle de 0,008 pour 1 mètre.



double bordé qui s'assemble avec cette ossature ajoute, d'ailleurs, à la résistance des cornières sur lesquelles il est rivé, et il en a été tenu compte dans les calculs.

A la partie inférieure de la porte, les tôles de bordé sont renforcées par des cornières verticales de dimensions variables, et qui se prolongent par-dessus les ailes des entretoises.

L'espace compris entre la première entretoise (inférieure) et la cinquième forme chambre à air divisée en deux par le montant vertical central à âme pleine. Entre la cinquième et la septième entretoise, existe encore une chambre à air ou à eau à volonté, également divisée en deux parties par le montant central. La partie haute de la porte est, au contraire, en libre communication avec l'extérieur par deux tubulures situées à la partie inférieure de la chambre et s'ouvrant sur le bordé qui reçoit la pression de l'eau.

L'accès des chambres à air est assuré par deux échelles; des tampons mobiles existent sur l'entretoise supérieure et sur les entretoises étanches limitant le haut des chambres à air; il n'y a pas de cheminée d'accès dans la chambre à eau supérieure. Les portes ont été munies de roulettes avec chasse-pierres. Leur description est donnée dans le cours de travaux maritimes de MM. Quinette de Rochemont et Desprez.

Les vantaux portent une crapaudine femelle en bronze qui se prolonge par une forte équerre appliquée contre l'entretoise inférieure et le montant tourillon.

Le pivot en bronze est constitué par une embase circulaire à deux ergots encastrée dans la maçonnerie et qui se prolonge par le pivot proprement dit formant une saillie de 20 centimètres avec un diamètre de 196 millimètres.

A la partie supérieure, le tourillon est formé d'une pièce verticale en fer forgé, aplatie aux extrémités, tournée, avec un diamètre de $0^{m},20$, dans la partie centrale qui s'engage dans le collier, et boulonnée au-dessus et au-dessous de cette région cylindrique. Le collier comprend un ensemble fixe soigneusement ancré dans la maçonnerie, et une partie amovible, enveloppant le tourillon, haute de 220 millimètres et épaisse de 60 millimètres, qui se rattache à la partie fixe par deux forts goujons.

Chaque vantail s'appuie sur la face plane du chardonnet par une fourrure verticale en bois de 20 centimètres sur 9 centimètres, et sur le busc par une fourrure de 20 centimètres sur 10 centimètres.

Pour faciliter le passage du public pendant l'ouverture du pont roulant, la porte d'èbe d'aval a été complétée récemment par une passerelle pour piétons. Les autres vantaux ne comportent qu'un léger garde-corps pour la sécurité du personnel.

Les portes ne fonctionnent plus aujourd'hui dans les conditions primitives. Sous l'action du ressac et des battements de portes qui en résultent, l'étanchéité qui avait été obtenue par un matage soigné, s'est peu à peu perdue, et les chambres inférieures se remplissent d'eau. On a cherché à se débarrasser de cette eau à mer basse par des clapets automatiques.

D'autre part, les roulettes ont été mises hors de service soit par usure, soit par la rencontre d'obstacles; il est arrivé que les axes sortant de leur logement, ont rendu les roulettes gênantes, et on a dû les enlever presque toutes.

Portes de l'écluse de Saint-Servan. — Les portes métalliques de Saint-Servan, établies après 1892, ne diffèrent que par certains détails de celles qui viennent d'être décrites; on a renoncé dès le début à employer des roulettes, et des vérins, prévus pour soulager les colliers, n'ont pas non plus été employés d'une façon suivie.

Ponts roulants. — Les ponts roulants[1], identiques à Saint-Malo et Saint-Servan, franchissent, comme il a été dit, l'un en amont du sas, l'autre en aval, l'ouverture de 18 mètres qui sépare les bajoyers des écluses. La longueur totale de chaque pont est de 38^{m},80, dont 22^{m},80 pour la volée, à partir de l'axe du chevêtre, et 16 mètres pour la culasse. La volée s'appuie de 0^{m},60 sur le bajoyer qui la reçoit. La largeur totale des ponts est de 7^{m},50 d'axe en axe des poutres de rive. La voie charretière a 5 mètres et les trottoirs ont chacun 1 mètre de largeur libre. Les poutres de rive ont leur âme pleine avec une forme approchée d'un solide d'égale résistance dont la hauteur maxima est de 2^{m},814. La semelle supérieure est courbe, la semelle inférieure rectiligne. La première, de 50 centimètres de largeur, est constituée par des tôles de 8 à 10 millimètres d'épaisseur, dont le nombre va en décroissant depuis l'axe de la presse de soulèvement jusqu'aux extrémités; la deuxième, de 40 centimètres de largeur, est constituée par des tôles de 11 millimètres et présente une épaisseur uniforme sur toute la longueur du pont; sous cette semelle est fixée une platebande de roulement en acier, de même longueur, et de 25 millimètres d'épaisseur; la semelle inférieure est fortement reliée à l'âme de la ferme, au moyen de deux fourrures de 28 centimètres de hauteur et de deux cornières, dont les ailes verticales ont 180 millimètres de hauteur et les ailes horizontales 100 millimètres. Les âmes, de 10 millimètres d'épaisseur, sont renforcées par des montants verticaux espacés de mètre en mètre; dans la partie qui correspond à la presse de soulèvement, agissant comme il sera dit plus loin, et sur une longueur de 4 mètres, ces montants sont rapprochés à 72 centimètres et à 56 centimètres. Le montant placé directement au-dessus du centre de la presse et les deux montants adjacents sont renforcés par des fourrures et par une bordure extérieure en cornière.

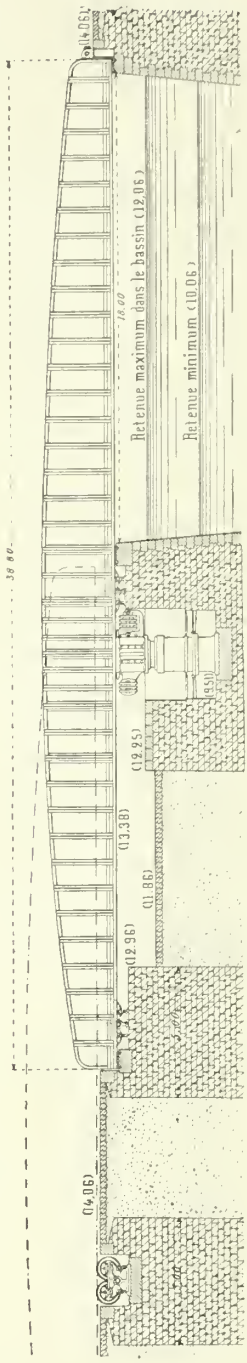
Les fermes sont reliées par des pièces de pont espacées de 2 mètres d'axe en axe; ces pièces, en tôle et cornières, s'appuient sur la semelle inférieure des fermes et sont en outre assemblées aux âmes par des goussets et des cornières.

Cinq cours de longerons, en fer à double T, relient les pièces de pont; leur espacement est de 1^{m},666. Entre les pièces de pont sont intercalées des traverses en bois de 20 centimètres de hauteur sur 12 centimètres d'épaisseur; ces traverses, espacées de 40 centimètres d'axe en axe, sont destinées à supporter le tablier de la voie charretière. Celui-ci est formé par des madriers longitu-

[1] Une part importante des renseignements fournis ici sur les ponts roulants est extraite de la notice jointe à la collection de dessins distribués aux élèves. Vingtième livraison. 1885.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Fig. 4. — Pont roulant de l'écluse du bassin à flot.
Élévation.
Échelle de 0,0035 pour 1 mètre.



dinaux en chêne de 7 centimètres d'épaisseur, qui reposent sur les pièces de pont et les traverses, et par un platelage d'abord constitué par des planches d'orme de 6 centimètres d'épaisseur, fixés transversalement sur les madriers. A ces planches en orme, remplacées ensuite par un platelage en chêne, a été finalement substitué un platelage en câbles d'aloès posé sur le pont roulant de Saint-Malo, en même temps qu'il était procédé au renouvellement de l'ensemble de la charpente légèrement modifiée (1908). La même disposition a été réalisée en 1909 au pont de Saint-Servan.

La voie charretière est bordée, de chaque côté, par deux cours de pontrelles, en tôle et cornières, sur lesquelles reposent les abouts des madriers, de 6 centimètres d'épaisseur, qui forment les trottoirs.

Des croix de Saint-André, en fer plat de 140 millimètres sur 12, sont fixées sous les pièces de pont pour former le contreventement horizontal. Du côté de la culasse, huit panneaux en tôle de 10 millimètres d'épaisseur sont fixés horizontalement, de chaque côté du pont, sous les pièces de pont et les longrines, pour recevoir le lest.

Le poids du pont, lors de sa mise en service, était de 181.500 kilogr., dont 35.500 forment contrepoids pour la culasse. En service, c'est-à-dire quand la passe est fermée, le pont repose sur les maçonneries par ses deux extrémités et par sa partie centrale; il se trouve alors dans les conditions d'un pont fixe et les organes du mécanisme sont indépendants du pont et des charges qu'il supporte.

Les manœuvres à exécuter pour dégager la passe consistent à :

Soulever le pont, parallèlement à lui-même, au-dessus du couronnement de l'encuvement;

Glisser sous les poutres des galets de roulement;

Redescendre le pont pour le faire reposer sur les galets et pour dégager les pièces du mécanisme de soulèvement;

Imprimer au pont un mouvement rectiligne pour le ramener en arrière.

Toutes ces manœuvres sont reproduites en sens inverse pour fermer la passe.

Le mécanisme, destiné à réaliser ces divers mouvements, comprend :

Une presse hydraulique verticale, logée dans une fosse en maçonnerie, à l'aplomb du centre de gravité du pont;

Un chevêtre en fer reposant sur la tête du piston de la presse; les extrémités de ce chevêtre sont garnies à la partie supérieure de sommiers en fonte placés à l'aplomb des poutres du pont;

Quatre galets doubles, mobiles dans le sens transversal du pont; ces galets sont amenés sous les poutres, lorsque le pont doit être reculé, et retirés, lorsque le pont est en place, reposant sur les maçonneries;

Deux galets doubles semblables, mais fixes et placés dans le prolongement des poutres, en arrière de la culasse qu'ils sont destinés à soutenir, quand le pont est retiré;

Deux appareils de translation fixés sur les parois du chevêtre, et servant à imprimer au pont un mouvement de va-et-vient;

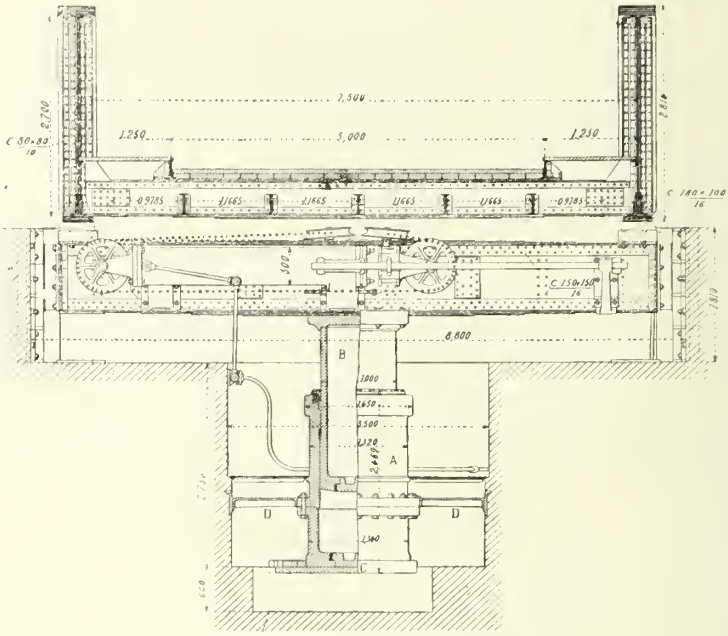
Quatre heurtoirs ou tampons de butée placés dans l'alignement des poutres, afin de limiter les positions extrêmes du pont.

Les différents appareils hydrauliques dont il vient d'être fait mention seront décrits en détail avec l'outillage servant aux manœuvres des organes mobiles des écluses.

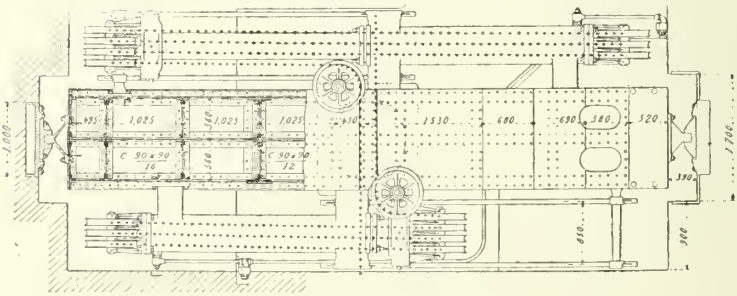
Fig. 5. — Pont roulant de l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo.

Échelle de 0,01 pour 1 mètre.

Coupe transversale au milieu du pont



Coupe horizontale et plan du chevêtre

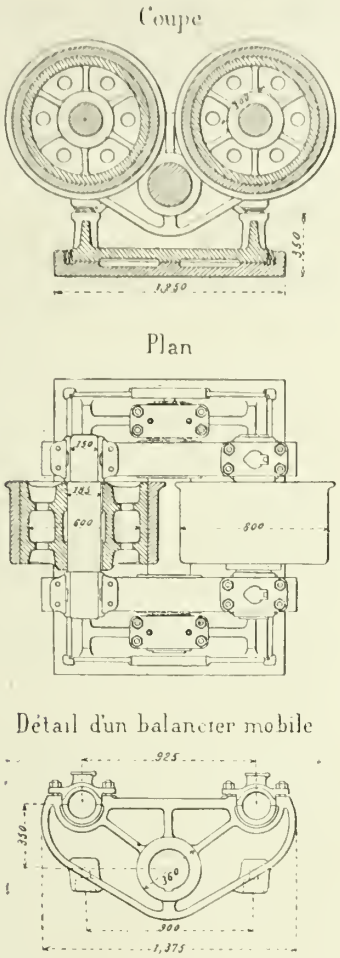


Chevêtre et appareils de translation. — Le chevêtre au moyen duquel la presse centrale soulève le pont, présente la forme d'un solide creux dont les sections, longitudinale et transversale, sont rectangulaires; il est composé de deux

semelles en tôles de 10 millimètres d'épaisseur, dont le nombre va en décroissant du centre aux extrémités; ces semelles sont reliées par trois âmes verticales, pleines, distantes de 0m,560, qui divisent le chevêtre en deux tubes horizontaux; des cloisons transversales entretoisent les âmes à peu près tous les

Fig. 6. — Pont roulant de l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo.
Extrémité de la culasse, supports à galets fixes.

Échelle de 0,025 pour 1 mètre.



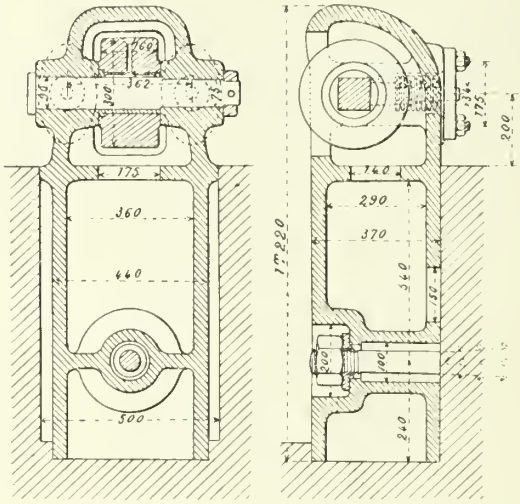
mètres; la cloison du milieu et celles des extrémités sont pleines; les autres sont percées d'ouvertures pour le passage des ouvriers, en cas de réparation; on pénètre dans les tubes par des trous d'homme ménagés dans la semelle supérieure. Deux sommiers en fonte de 1m,35 sur 0m,52 et épais de 0m,15,

sont fixés sur les extrémités de la semelle supérieure du chevêtre pour recevoir les fermes du pont pendant le soulèvement.

Le chevêtre est guidé verticalement par deux glissières en fonte boulonnées sur les bouts et coulissant dans deux pièces en fonte encastrées solidement dans les parois de la cuve en maçonnerie. Enfin un fort sommier en fonte, boulonné sous le chevêtre, reçoit la tête du piston de la presse de soulèvement. De part et d'autre de ce chevêtre y sont fixés, parallèlement à lui, les appareils de translation.

Fig. 7. — Pont roulant de l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo. Tampons de butée.

Échelle de 0.05 pour 1 mètre.



Galets de roulement. — Les galets fixes et les galets mobiles sur lesquels le pont roule pendant son mouvement de va-et-vient, ont 80 centimètres de diamètre; ils ont une largeur de jante de $0^m,40$, et sont garnis d'une frette en acier fondu de 55 millimètres d'épaisseur, avec boudin à l'extérieur; ces rouleaux sont portés par les deux flasques d'un balancier qui est soutenu lui-même par un support en fonte. Ce support est encastré et claveté sur une plaque en fonte scellée dans la maçonnerie pour les galets fixes; il glisse au contraire sur une plaque de fonte et perpendiculairement à l'axe du pont quand les galets sont mobiles; les axes des rouleaux et du balancier sont en acier forgé.

Les oscillations du balancier sont limitées et amorties par quatre tampons à ressort, composés chacun de quatre paires de rondelles Belleville en acier,

dont la tension est réglée à 500 kilogr. (Ces rondelles ne s'aplatissent que sous une charge de 3.500 kilogr.)

L'emploi des galets doubles à balanciers présente l'avantage de répartir également le poids du pont sur des points d'appui plus nombreux et de diminuer les risques d'écrasement des bandages. En effet, lorsque le pont commence à reculer, il est porté par les huit galets mobiles; comme on a eu soin de maintenir ces galets un peu plus élevés que les galets fixes, les fermes, en arrivant au-dessus de ces derniers, ne portent pas immédiatement et l'on n'a jamais à craindre qu'un abaissement accidentel de la culasse les oblige à monter dessus, ce qui exigerait un effort imprévu considérable, dangereux pour le mécanisme. Ce n'est que quand le centre de gravité a dépassé les galets intermédiaires que le basculement du pont amène la culasse à reposer sur les galets fixes, tandis que la volée abandonne les galets mobiles de l'avant. Le pont se trouve de nouveau supporté par huit galets. Toutefois, pendant l'instant très court du basculement, il n'est porté que par les quatre galets intermédiaires, ce qui n'a pas d'inconvénient parce que tous les galets sont établis pour résister à une charge d'environ 45 tonnes et demie.

Les tampons de butée limitant dans les deux sens opposés les mouvements de translation du pont sont armés de forts ressorts et enfermés dans des caisses prismatiques en fonte, solidement encastrées et boulonnées dans la maçonnerie. Du côté de la volée, les tampons sont constitués, comme l'indique la figure 7, par des galets sur lesquels les extrémités verticales des fermes roulent sans effort lorsqu'on soulève le pont.

Bassins de Saint-Malo-Saint-Servan. — La situation générale des bassins résulte des dispositions antérieures à l'établissement des écluses. Le programme de 1880 comportait peu d'exécution de quais. A Saint-Servan comme à Saint-Malo, on disposait, en effet, des anciens quais construits du côté des villes, quais du Naye, du Val, de Trichet d'une part, et quai Duguay-Trouin (ancien quai Napoléon) d'autre part; ailleurs, des cales existaient dont la plupart n'ont été remplacées que vers 1900 par des quais verticaux.

Le bassin de Saint-Malo a une surface de 15 hectares, celui de Saint-Servan une surface de 13 hectares. Actuellement, on dispose au bassin de Saint-Malo de 2.052 mètres de quais verticaux; on en trouve 1.422 mètres au bassin de Saint-Servan.

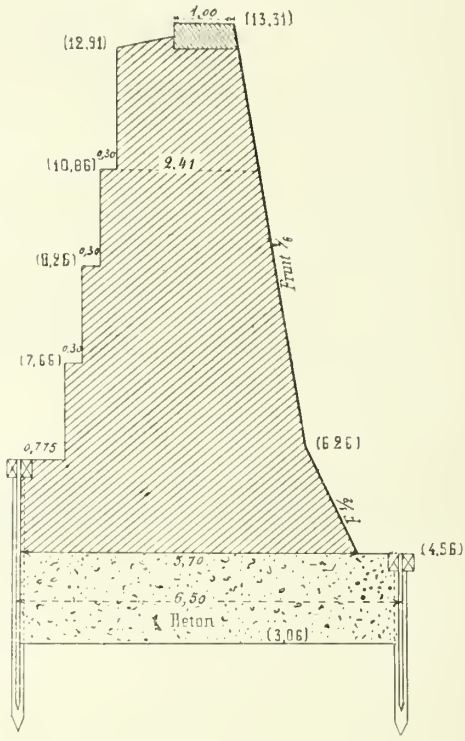
Les quais placés vers l'ancienne digue de réduction, c'est-à-dire du côté opposé aux villes, servent spécialement au commerce des charbons et des minerais; celui-ci y trouve des emplacements plus considérables, et les habitations ne sont pas gênées par la poussière de charbon; les quais voisins des régions habitées servent, au contraire, au dépôt des bois (quais de Terre-Neuve, du Val), aux manutentions des marchandises diverses exigeant, en particulier, des magasins comme on en trouve à proximité de ces quais (quai Duguay-Trouin, quai du Naye). En réalité, une notable partie de ces derniers quais n'est pas indispensable au commerce proprement dit, et elle sert, plus particulièrement,

à l'hivernage et à l'armement des navires pêcheurs de Terre-Neuve, qui sont encore obligés de s'y amarrer assez souvent sur quatre rangs, et quelquefois sur cinq rangs.

Il n'y a pas de murs de quais dans le fond des bassins. Le terrain naturel, légèrement incliné, y est occupé par des chantiers de construction (navires en bois : trois-mâts, goélettes, etc.).

Fig. 8. — Quai Surcouf. — Coupe transversale.

Échelle de 0,008 pour 1 mètre.



Le plafond des bassins est à une cote assez variable, mais qui ne descend pas au-dessous de (4,56). Il est sensiblement plus élevé à la partie extrême des bassins qu'à l'entrée. A Saint-Servan, le rocher affleure au pied des quais du Val, de Trichet et du Naye, et apparaît sur presque la moitié de la largeur du bassin; le plafond se trouve fortement relevé de ce côté.

En général, le niveau de l'eau dans les bassins ne descend pas au-dessous de la cote (10,00), sauf après les mortes eaux de longue durée et quand l'étanchéité des portes n'est plus suffisante.

Murs de quais des bassins. — Les dispositions des murs de quais n'ont guère varié, et les ouvrages du programme de 1880, comme ceux exécutés après

BASSINS.	QUAI.	ÉPOQUE de CONSTRUCTION.	MODE DE FONDATION.	NATURE DU TERRAIN SUR LEQUEL porte la fondation.	COTE À LAQUELLE LE FRUIT du parement passe de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{9}$.	COTE À LAQUELLE EST ARASÉE la fondation.	COTE de LA TABLETTE de COURONNE MENT.
Saint-Malo.	Duguay-Trouin.	1860-1864.	Béton entre palplanches.	Sable.	Fruit constant de $\frac{1}{6}$.	(4.56)	(13.56)
	Rocabey.	1901.	Béton entre palplanches ou sur le rocher.	Sable ou rocher.	(7.86)	(5.59) à (5.06)	(13.56)
	Terre-Neuve.	1901.	Béton entre palplanches avec pieux porteurs.	Sable.	(7.86)	(5.06)	(13.56)
	Sud-Est.	1901.	Béton entre palplanches avec pieux porteurs sur la plus grande longueur.	Sable.	(6.26)	(5.06)	(13.31)
	Surcouf.	1884.	Béton entre palplanches sans pieux.	Sable.	(6.26)	(5.06) à l'Est (4.56) vers l'écluse.	(13.31) (Rampe sur 66m,90 pour atteindre [14.06] vers l'écluse.)
Saint-Servan.	Du Naye.	"	Sur rocher.	Rocher.	Fruit uniforme de $\frac{1}{10}$.	Rocher formant quai jusque vers (7.30) et (8.40)	(13.76)
	De Trichet.	1837-1838.	*Idem.*	Rocher.		De (5.05) à (6.00)	variable de (13.72) à (12.41)
	Du Val.	Reconstruit.	*Idem.*	Rocher.		(5) à (5.66)	(13.56)
	Nord.	1900-1902. (Sauf tronçon de 85 mètres et 3 tronçons de 30 mètres exécutés vers 1883.)	Béton entre palplanches le plus souvent sur pieux; l'extrémité Ouest sur caissons.	Sable.	(7.06)	(5.20)	(13.06)

1900, reproduisent les conditions générales déjà décrites par la notice de 1877. Depuis la fermeture des bassins, ils peuvent être construits à sec moyennant le chômage de la navigation, et l'exécution s'en trouve considérablement simplifiée. Suivant la nature du sol, les quais sont établis directement sur le rocher ou bien sur une fondation en béton de 1m,50 d'épaisseur au plus, comprise entre deux lignes de pieux et palplanches, avec ou sans pieux porteurs

IMPRIMERIE NATIONALE.

sous le béton. Le dessin du profil exécuté en 1884, au quai Surcouf, indique suffisamment les dispositions de ces murs de quais dont la fondation n'est souvent arasée qu'à $5^m,06$, et qui sont caractérisés par un fruit de 1/6 sur la partie supérieure et un fruit de 1/2 au-dessous de la cote (6,26), ou même à partir de la cote (7,86). L'existence de tels fruits a pour conséquence d'éloigner l'axe des navires du bord du quai; d'où la convenance d'augmenter le rayon d'action des grues employées au déchargement.

Des renseignements sur chacun de ces quais sont donnés par le tableau ci-contre (p. 25).

Les quais faisant partie des barrages-écluses ont été décrits avec les écluses.

Les parements des quais sont généralement en moellons assisés; une partie de ceux les plus récemment exécutés à Saint-Servan sont à joints incertains.

Les voies ferrées desservant les quais sont suffisamment indiquées par le plan général pour ne comporter aucune explication supplémentaire.

Des voies de grues existent immédiatement auprès des couronnements; elles appartiennent aux commerçants propriétaires des grues.

§ 2. Travaux en dehors de ceux prévus par la loi du 31 juillet 1879. Écluse du Talard et bassin intérieur.

Écluse et bassin. — L'écluse à sas du Talard a été exécutée en deux fois comme il a été dit, et d'abord comme écluse simple. Elle est située à l'emplacement d'anciens pertuis et comprend une tête d'écluse à portes d'èbe et de flot du côté du bassin de Saint-Servan, et, à l'autre extrémité, une seule paire de vantaux munis de ventelles retenant les eaux dans le sas et le bassin de Saint-Servan. En réalité, le niveau du bassin de Saint-Servan est toujours supérieur ou au moins égal à celui du bassin intérieur. C'est en effet par le bassin de Saint-Servan que se fait le remplissage du bassin intérieur; sa vidange s'opère par une bonde de fond s'ouvrant dans le port de marée. Le bassin intérieur est ordinairement rempli au moment des vives eaux quand la mer rapporte dans le bassin de Saint-Servan; les navires y accèdent par sassements ou bien toutes portes ouvertes si les deux bassins sont amenés au même niveau. Les deux bassins étant ensuite isolés par les portes, la vidange du bassin intérieur permet aux navires d'échouer sur les grèves intérieures, et ils peuvent y être réparés comme sur une plage ordinaire où la mer ne viendrait plus. Ce bassin intérieur n'est donc pas un bassin de commerce; il est limité par de simples talus ou des perrés sur son pourtour, et ne comporte que trois quais de vingt mètres chacun, construits et utilisés au moment des travaux du programme de 1879; il sert, en réalité, de vaste forme de radoub aux navires pêcheurs de Terre-Neuve, qui ont tout le temps nécessaire pour y procéder à leurs réparations pendant l'hivernage. D'autres bateaux, inutilisés pendant plusieurs mois, y trouvent également des commodités d'échouage, de visite et de réparations faites à sec pendant tout le temps de leur désarmement.

Ces circonstances particulières justifient les dispositions de l'écluse et l'exis-

tence d'un aqueduc latéral, voûté en arc de cercle, de 5 mètres de largeur et 5^{m},50 de hauteur, fermé par trois vannes mettant en relation le sas et le bassin de Saint-Servan.

L'écluse peut être caractérisée comme suit :

Longueur totale entre têtes	99^{m},50
Longueur entre buses parallèles	75 ,00
Longueur utile comptée depuis la corde du busc amont jusqu'à l'origine de l'enclave des chambres des portes aval	66 ,50
Largeur de l'écluse (têtes à parements verticaux)	13 ,00
Sur une longueur de 50 mètres, le sas est limité par des murs inclinés à 1/6e dont la distance entre couronnements, à la cote (13,06), est	16 ,70
Cote du couronnement des bajoyers { vers le bassin de Saint-Servan	14 ,06
Cote du couronnement des bajoyers { vers le bassin intérieur	13 ,06

Radiers et buses horizontaux, à des cotes variables, savoir :

Dans le sas et à l'entrée dans le bassin de Saint-Servan	4 ,56
Sur le busc, vers Saint-Servan	3 ,56
Dans les chambres des portes contiguës à ce busc	3 ,16
Sur le busc, vers le bassin intérieur	4 ,56
Dans les chambres des portes contiguës à ce busc	4 ,16
Saillie des buses sur le fond de rocher des chambres des portes	0 ,40
Flèche des buses	1/5

Le niveau du premier busc exécuté (côté Saint-Servan) avait été choisi d'après les dimensions des anciennes portes à utiliser; on a reconnu ensuite l'inutilité de réaliser une telle profondeur, d'où la différence de cote entre les différentes parties de l'écluse.

Le radier est généralement formé par le rocher naturel sans revêtement; les murs, dans leur partie inférieure, sont souvent constitués par un simple revêtement du rocher.

Les manœuvres des portes se font au moyen de treuils à bras ancrés sur les bajoyers. Le vannage de l'aqueduc de communication est limité par un cadre divisé en trois compartiments par deux montants verticaux. Une entretoise horizontale existe à mi-hauteur. Un rideau métallique fixe ferme la région supérieure au-dessus de cette entretoise; trois vannes mobiles ferment les intervalles inférieurs. Chacune d'elles a la forme d'un rectangle de 2^{m},60 × 1^{m},53; elle est constituée par un cadre en fers à Z, divisé en quatre compartiments sur le pourtour desquels s'appuient des tôles embouties.

Chaque vanne peut s'élever au moyen d'un vérin dont elle est solidaire; elle roule sur les montants par l'intermédiaire de huit galets, et, à fond de course, se place devant le rideau supérieur.

Pont tournant de l'écluse du Talard. — Le pont tournant du Talard a été exécuté en 1895, en même temps que le recouvrement de l'aqueduc d'alimentation du sas de l'écluse, afin de permettre l'établissement d'une voie ferrée

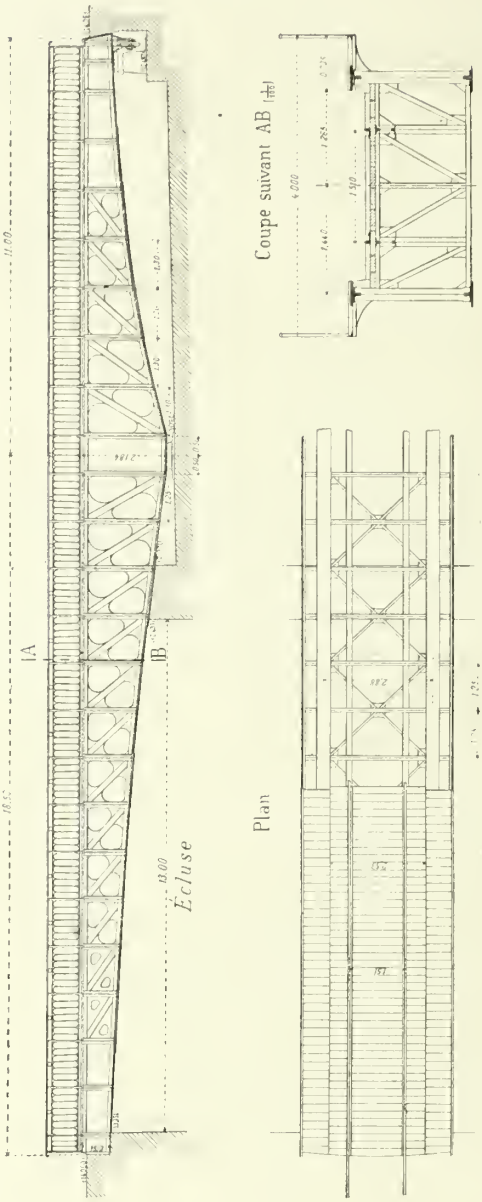


Fig. 9. — Pont tournant sur l'écluse du Talard.

Échelle de 0,005 pour 1 mètre.

desservant le quai Nord du bassin de Saint-Servan. La dépense en a été supportée par la Chambre de commerce (environ 27.500 francs pour la partie métallique).

Le pont est à volée unique; sa longueur totale est de $29^{m},67$ suivant l'axe, et sa largeur, en comptant l'épaisseur du garde-corps, est de 4 mètres. Il comprend deux poutres de rives, espacées de $2^{m},88$ entre axes, formées de panneaux évidés traversés par une seule diagonale, et présentant une longueur de $18^{m},50$ du côté de la volée et de 11 mètres du côté de la culasse.

La semelle supérieure est droite et la semelle inférieure est formée de deux arcs paraboliques reliés par une partie droite. Les pièces de pont réunissant ces entretoises sont formées par des poutres généralement évidées dont la hauteur varie avec celle des poutres de rive. Leur espacement est de $1^{m},25$.

Les trottoirs sont en encorbellement et la voie charretière offre environ $2^{m},50$ de largeur. Les rails sont portés par des longerons de $0^{m},24$ de hauteur et sont constitués par un fer profilé affleurant le niveau du platelage; une cornière forme contre-rail.

Le platelage, composé de planches en orme perpendiculaires à la voie, est supporté par des longerons en chêne s'appuyant sur les pièces de pont et formant sous-platelage.

Le contrepoids de la culasse est formé de pièces de fonte parfaitement arrimées ou boulonnées sous le tablier. Le poids total du pont est d'environ 73 tonnes.

En place, la volée du pont repose sur les deux bajoyers et la culasse est soutenue par des coins; le pivot est alors à 15 millimètres au-dessous du chevêtre. Pour manœuvrer le pont, on amène le pivot au contact du chevêtre en injectant, par en dessous, de l'eau comprimée à 50 kilogrammes au moyen d'une petite pompe à bras; en même temps, l'eau agissant sur un vérin placé sous la culasse soulève légèrement celle-ci pour permettre l'enlèvement des coins qui la calaient. La presse du vérin étant seule mise à l'évacuation, le pont bascule et la culasse viennent reposer sur les deux roulettes de 54 centimètres de diamètre qu'elle porte à son extrémité. La rotation du pont s'effectue ensuite en le poussant simplement à la main. La remise en place s'explique d'elle-même par les opérations inverses.

Pour faciliter le basculement du pont, le pivot se termine à la partie supérieure par une portion d'un demi-cylindre horizontal concave de 42 centimètres de diamètre, dont les génératrices sont perpendiculaires à l'axe du pont, et dans lequel tourne un élément d'un demi-cylindre convexe de même courbure, solidaire du chevêtre. Le pivot est formé par un plongeur de 40 centimètres de diamètre contenu dans un cylindre avec presse-étoupe, le tout en fonte.

L'encuvement dans lequel se fait le déplacement ne comporte aucune disposition particulièrement intéressante. Un logement y a été réservé pour la pompe de compression, ainsi qu'un escalier d'accès; des butoirs avec ressorts reçoivent le choc du pont à la fin de la rotation.

CHAPITRE IV.

OUTILLAGE HYDRAULIQUE POUR LA MANOEUVRE DES OUVRAGES ÉTABLIS EN EXÉCUTION DE LA LOI DU 31 JUILLET 1879.

L'outillage hydraulique a été réalisé après un concours comprenant, en particulier, la fourniture des ponts roulants. Le programme en a été arrêté par une commission spéciale instituée par décision ministérielle du 11 juillet 1881, et l'exécution, d'abord partagée entre la Société l'Hydraulique et la Compagnie de Fives-Lille, a été achevée totalement par celle-ci, dont M. Barret avait d'ailleurs rédigé les projets.

Une machinerie centrale, à égale distance des deux bassins, comprime l'eau nécessaire à la manœuvre des différents appareils établis sur les écluses, y compris les ponts roulants.

MACHINERIE CENTRALE ET CANALISATION.

Bâtiments. — Les bâtiments ne comprennent aucun logement.

En dehors de quelques abris en bois, construits après coup pour dépôts, magasins et remises de matériel, on y trouve réunies en un seul corps de bâtiment : la salle des chaudières, la salle des machines et la tour de l'accumulateur.

Chaudières. — A l'origine, deux chaudières Fouché-Delaharpe, à foyer intérieur horizontal et corps tubulaire vertical, donnaient, sous une pression de six kilogrammes, la vapeur nécessaire aux machines de compression; un réchauffeur était joint à ces chaudières.

Après une vingtaine d'années de services, elles ont été remplacées successivement par deux générateurs tubulaires à bouilleurs compris dans une maçonnerie de briques, et caractérisés chacun comme suit :

Diamètre du corps tubulaire		$1^{m},20$
Longueur		3 ,30
Diamètre des deux bouilleurs inférieurs		0 ,60
Nombre de tubes (en fer)	40	20 fixes. 20 amovibles. (Système Berendorf.)
Diamètre extérieur des tubes		80 mm.
Surface de chauffe		50 m. q.

L'alimentation se fait soit au moyen des pompes alimentaires montées sur les machines, soit par un injecteur Sellers.

Machines de compression. — Il y a deux groupes de pompes de compression; chacun d'eux, comme chacune des chaudières précédemment décrites, étant suffisant pour assurer le service normal, en sorte qu'une moitié de l'installation est en repos pendant le service de l'autre.

La machine de chaque groupe comprend deux cylindres à vapeur horizontaux symétriques (non compound), dont les pistons commandent directement les deux pompes de compression placées dans le prolongement des tiges de piston, et entraînent, en même temps, l'arbre d'un volant unique qui les accouple à 90 degrés et porte les excentriques des tiroirs et détentes.

Il n'y a pas de régulateur ni de condenseur; à partir des cylindres, la vapeur s'échappe librement en dehors, en suivant un tube vertical qui dépasse la toiture de la salle et dessert chacun des groupes. La distribution est à tiroirs et à détente Rider.

L'eau destinée à la compression, comme celle des chaudières, provient d'un branchement établi sur la canalisation d'eau potable de la ville de Saint-Malo. Elle est reçue le plus souvent dans un réservoir en maçonnerie établi au niveau du sol dans la cour de la machinerie. Elle peut aussi arriver directement dans un réservoir en tôle monté dans la salle des machines, à $3^m,50$ au-dessus du sol. A partir du bassin de la cour, une pompe élévatoire refoule l'eau dans un petit réservoir en tôle de $1,50 \times 1,20 \times 1,30$, également placé à $3^m,50$ au-dessus du sol. Son trop-plein se déverse dans le réservoir plus grand dont il vient d'être question ($1,50 \times 1,20 \times 7$) placé au même niveau et dans son prolongement. Ce dernier réservoir reçoit le retour d'eau de tous les appareils hydrauliques, et les pompes de compression y prennent l'eau en charge. Son trop-plein retourne au réservoir de la cour.

Au total, chaque groupe comprend deux pompes de compression, et, montées dans le prolongement l'une de l'autre, dans une fosse au-dessous du sol, deux pompes horizontales dont l'une élève l'eau au réservoir en tôle et dont l'autre alimente les chaudières. Elles reçoivent leur mouvement simultané d'un balancier relié à la tige du piston d'une des pompes de compression, de sorte qu'elles fonctionnent d'une manière continue (sauf à ne produire aucun effet par fermeture des arrivées d'eau).

Les caractéristiques de ces diverses pompes sont les suivantes :

POMPES DE COMPRESSION.	millimètres.
Diamètre du cylindre, chemisé en bronze	86
Diamètre de la tige du piston, également chemisée en bronze	60
Course du piston	500
POMPE ÉLÉVATOIRE.	
Piston plongeur en fonte, diamètre	140

POMPE ALIMENTAIRE.

	millimètres.
Piston plongeur en fer, diamètre	55
Course commune des deux derniers pistons	300

Le fonctionnement des pompes de compression est tel que, dans la marche avant du piston, la soupape d'arrivée d'eau est appliquée sur son siège, et les deux faces du piston mises en communication directe avec les conduites de pression; une partie de l'eau refoulée en avant remplit donc le corps de pompe du côté de la tige du piston, et la quantité d'eau allant aux appareils dans ce mouvement est :

$$\frac{\pi}{4} \times \overline{0^{\text{dm}},6}^2 \times 5^{\text{dm}} = 1^{\text{lit}},413.$$

Dans la marche arrière, la communication entre les deux extrémités du cylindre se trouve interrompue par le jeu d'une soupape; l'eau refoulée dans l'espace annulaire va aux appareils, tandis que l'eau du réservoir soulevant la soupape d'arrivée entre vers la face avant du piston; la quantité d'eau refoulée dans ce deuxième mouvement est :

$$\frac{\pi}{4}\left(\overline{0^{\text{dm}},86}^2 - \overline{0^{\text{dm}},6}^2\right) \times 5^{\text{dm}} = 1^{\text{lit}},490.$$

Pour chaque tour de machine, une même pompe comprime donc :

$$1^{\text{lit}},413 + 1^{\text{lit}},490 = 2^{\text{lit}},903,$$

et le groupe des deux pompes $5^{\text{lit}},806$.

Dans le même temps, la pompe élévatoire donne :

$$\frac{\pi}{4}\overline{1^{\text{lit}},4}^2 \times 3 = 4^{\text{lit}},61,$$

ce qui est plus que suffisant pour compenser les déperditions.

L'allure normale étant de 45 tours par minute, le débit théorique des pompes de compression par seconde est :

$$\frac{5,806 \times 45}{60} = 4^{\text{lit}},354.$$

La puissance de la machine en eau comprimée à 56 kilogrammes par centimètre carré serait :

$$\frac{4,354 \times 5,600}{750} = 32^{\text{chx}},5.$$

Pour la sécurité de la marche, le tuyautage partant de chaque groupe porte une soupape de sûreté convenablement chargée et par laquelle l'eau s'évacue

au réservoir d'alimentation s'il se produit une pression exagérée. Ces soupapes ont été très utiles pour la marche à la pression directe, sans le secours de l'accumulateur, à un moment où celui-ci avait dû être démonté pour grosses réparations (1908). En outre, quand l'accumulateur arrive en haut de sa course, il manœuvre une autre soupape à levier qui rejette l'eau comprimée au réservoir; à l'origine, un autre dispositif fermait en outre automatiquement l'arrivée de vapeur aux cylindres quand l'accumulateur atteignait cette position extrême; on se contente maintenant d'un timbre qui avertit le mécanicien, toujours présent auprès de l'unique machine en mouvement.

Accumulateur. — L'accumulateur qui maintient l'eau à la pression nécessaire est unique à Saint-Malo; il ne diffère par rien d'essentiel des accumulateurs hydrauliques d'autres ports, et sa description peut être calquée sur celle de l'accumulateur de Calais (page 88 et suivantes de la notice de ce port, 1904). Les caractéristiques principales seront seules indiquées :

Diamètre du plongeur en fonte		$0^m,450$
Course du plongeur		5 ,20
Épaisseur de la fonte du plongeur		45 millim.
Épaisseur du cylindre		60 millim.
Diamètre extérieur du cylindre		$0^m,62$
Diamètre de la caisse de charge	extérieur	3 ,02
	intérieur	0 ,92
Hauteur		5 ,20

En outre de la soupape d'évacuation dont il a été question plus haut, il existe une soupape de sûreté de 75 millimètres basée sur le même principe que celle de Calais (page 89 de la notice de ce port), mais dont le fonctionnement a laissé à désirer, pour une cause qu'il est difficile de connaître maintenant, quand l'effondrement des portes en bois de Saint-Servan, en 1892, a causé la rupture simultanée de la conduite de pression traversant l'écluse. L'accumulateur, après sa chute, a pu être remis en service sans présenter de défaut grave apparent, mais son aplomb avait été modifié et ses coulisseaux recevaient de leurs glissières des réactions exagérées. On a pu attribuer à cette circonstance, pour une part difficile à préciser d'ailleurs, la consommation de pistons tout à fait anormale qui a été constatée depuis. Le piston primitif (1886) a dû, en effet, être remplacé en 1898. Sa surface était couverte de stries dirigées suivant les génératrices et creusées dans la fonte par l'eau qui s'échappait sous pression à travers la garniture du presse-étoupe; il en résultait des pertes d'eau considérables, et il fallait constamment refaire la garniture, ce qui entraînait des sujétions et des dépenses sérieuses. Un deuxième piston identique lui fut substitué, la marche des appareils n'étant interrompue que pendant les quelques heures nécessaires à l'enlèvement de l'ancien plongeur et la mise en place du nouveau. On fut amené bientôt aux mêmes constatations, à la suite desquelles un troisième piston fut mis en service en 1902

et dans les mêmes conditions. En 1908, il a fallu encore procéder à son remplacement pour des raisons identiques, mais on a pris le parti de faire les manœuvres sous la pression directe des pompes (la tubulure allant à l'accumulateur étant fermée), pendant autant de semaines qu'il serait nécessaire pour envoyer le cylindre lui-même aux ateliers de Fives-Lille. Moyennant cette disposition, la portée de la boîte à étoupe a pu être réalisée pour corriger une ovalisation visible. Un nouveau piston en fonte, avec presse-étoupe, a été fourni et le diamètre en a été déterminé pour le réalésage du cylindre. En même temps, on a consolidé les fondations portant l'embase de l'accumulateur au moyen d'un coulis de ciment et remanié les glissières qui n'étaient plus verticales.

L'accumulateur a été prévu à l'origine pour une pression de 50 kilogrammes par centimètre carré. On l'a ensuite chargé pour réaliser une pression de 56 kilogrammes. L'augmentation de diamètre résultant du dernier alésage a fait baisser la pression vers 53 kilogrammes sans qu'il en résulte d'inconvénient pour le fonctionnement des appareils hydrauliques.

Quant au volume de l'accumulateur, il a été calculé pour comprendre au moins un quart de la quantité d'eau nécessaire pour une manœuvre ordinaire de sassement dans les deux écluses à la fois, et les machines devaient pouvoir comprimer en un quart d'heure toute l'eau exigée par cette même manœuvre.

Tuyautage. — La canalisation générale reliant les machines et l'accumulateur aux appareils comporte deux conduites parallèles enterrées : l'une pour la pression, l'autre pour le retour de l'eau qui s'effectue dans le réservoir de la salle des machines. Pour desservir également les deux bajoyers, les conduites traversent les écluses au moyen de siphons logés dans une des chambres des portes. La conduite de pression est formée de bouts de tuyaux en fonte ayant ordinairement 3 mètres de longueur et suivant l'importance du débit à assurer :

113 millimètres de diamètre intérieur pour 21 millimètres d'épaisseur (conduite générale).
80 millimètres de diamètre intérieur pour 18 millimètres d'épaisseur (conduite de distribution de chaque bajoyer).

Ces tuyaux, qui ont été essayés sous une pression de 75 kilog., s'assemblent par interposition d'un joint de gutta, logé au fond d'un emboîtement spécial au moyen de brides elliptiques venues de fonte avec le tuyau, et serrées avec des boulons traversant des trous carrés de 31 ou 26 millimètres de côté.

Des robinets d'arrêt permettent d'isoler les parties en siphon et les conduites qui en partent dans les différentes directions. En plus du robinet qui peut isoler chaque groupe de compression dans la salle des machines, un robinet se trouve au départ de la conduite dans chacune des directions de Saint-Malo et de Saint-Servan, à droite et à gauche de la tubulure venant de l'accumulateur, normalement à la direction générale du tuyautage.

Les robinets en usage sont uniformément des pointeaux à vis en bronze

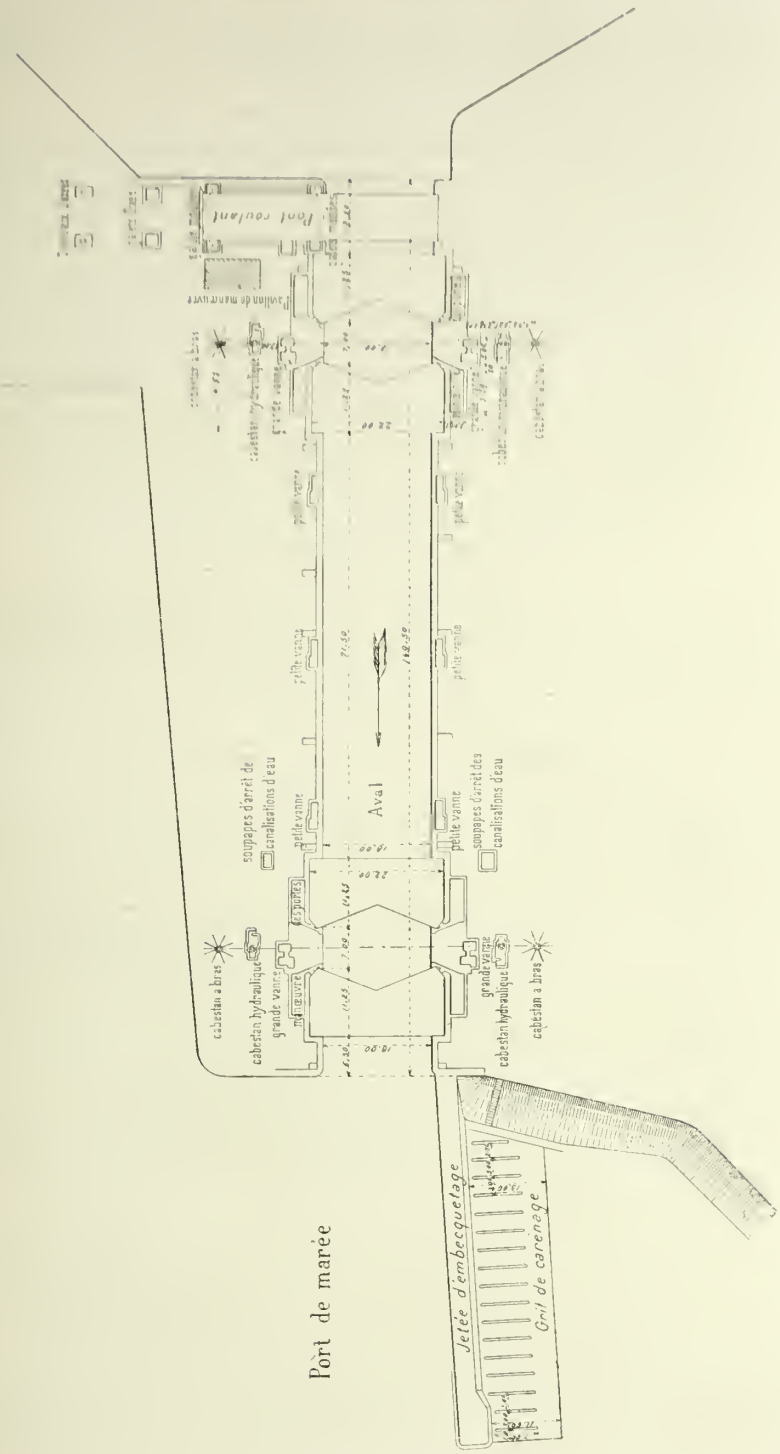


Fig. 10. — Écluse de Saint-Malo. — Plan d'ensemble.

Échelle de 0.0008 pour 1 mètre.

venant s'appliquer sur un siège en bronze par une zone rodée réalisant une surface de tronc de cône à génératrices inclinées de 45° sur la verticale, et se manœuvrant avec une clef mobile.

La conduite de retour, également en fonte, est généralement formée de bouts de tuyaux de 3 mètres à emboîtement à tulipe et sans brides (système Somzée), avec rondelles de caoutchouc protégées au besoin par un joint en plomb. Aux tuyaux de pression de 113 millimètres de diamètre intérieur, correspondent des tuyaux de retour de 125 millimètres (épaisseur, 10 millimètres) et aux tuyaux de 80 correspondent des tuyaux de 90 millimètres (épaisseur, 9 millimètres). Des soupapes d'arrêt, au retour d'eau, correspondent aux robinets établis sur les conduites de pression. Ces soupapes comprennent essentiellement un clapet guidé dans son mouvement vertical; la manœuvre d'une vis dans le prolongement de l'axe du clapet permet de l'appliquer sur son siège.

Les deux conduites sont pourvues de robinets de vidange et de robinets d'air.

Les branchements allant aux appareils sont réalisés par des tubes en fer.

Outillage propre aux écluses.

Les différents appareils servant à la manœuvre des écluses sont groupés conformément aux dispositions mises en évidence par la figure 10. Chacun d'eux est l'objet, ci-après, d'un examen particulier.

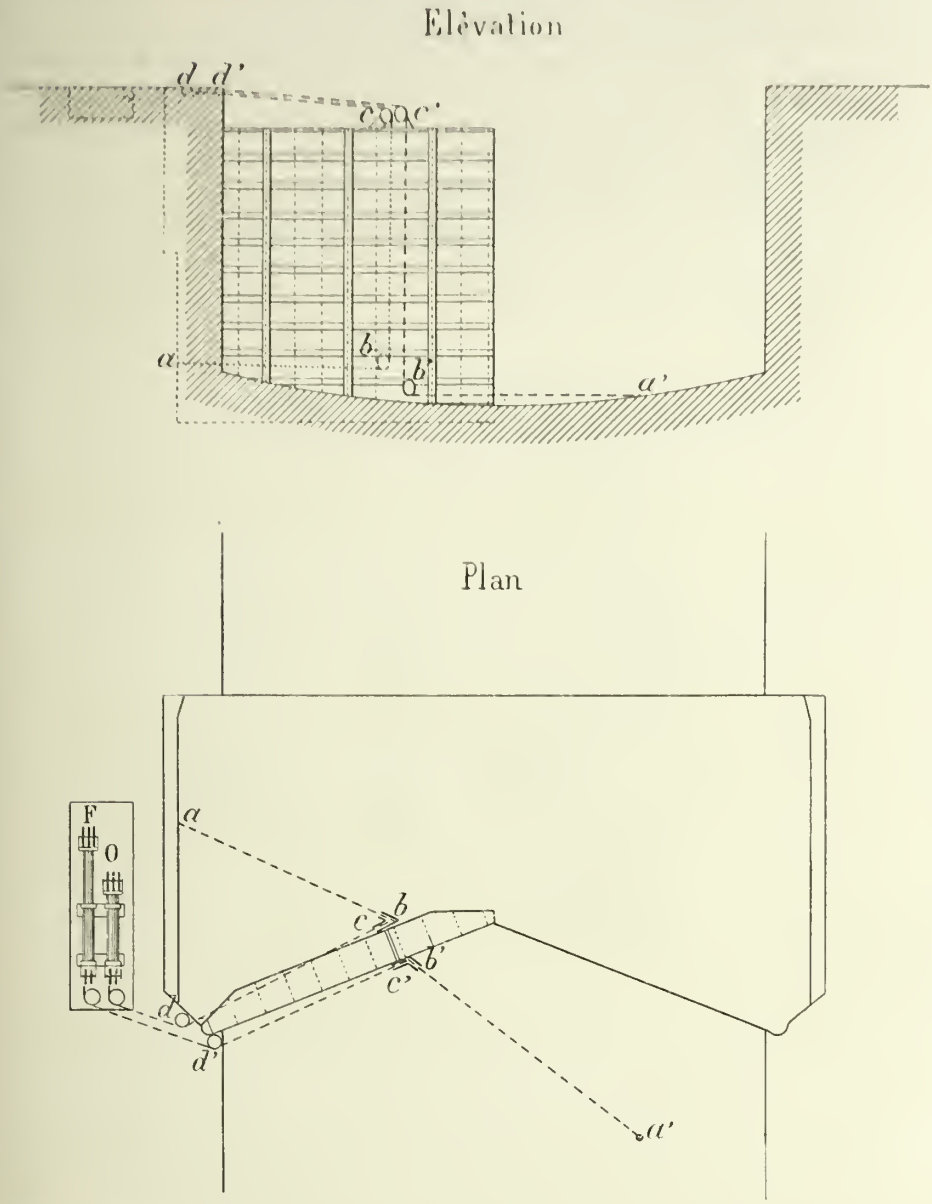
Appareils de manœuvre des portes d'écluse.

Les portes se manœuvrent au moyen de chaînes montées sur deux appareils mouflés qui sont propres à chaque vantail et établis sur le bajoyer auquel le vantail considéré est attaché.

La chaîne d'ouverture est scellée en *a* dans le mur de l'enclave et passe sur des poulies *b, c, d* pour venir au premier appareil hydraulique. La chaîne de fermeture a son extrémité fixée sur le radier du busc et passe par des poulies *b', c', d'* avant d'arriver au deuxième appareil. Les poulies *c* et *c'* sont établies suivant un plan sensiblement parallèle au bordé du vantail ; la poulie *b* est fixée un peu au-dessous de la troisième entretoise comptée à partir du bas, tandis que la poulie *b'* a été placée aussi bas que possible pour que la chaîne *a' b'* ne soit pas gênante au cas où elle garderait une certaine tension. A Saint-Malo et à Saint-Servan, ces poulies *b* et *b'* ne sont pas logées dans l'épaisseur du vantail, mais se fixent en dehors.

La chape comprenant la poulie est mobile autour d'un axe vertical qui fait corps avec cette chape à Saint-Malo, et s'engage dans deux colliers faisant partie d'une même applique boulonnée sur le vantail. A Saint-Servan, au contraire, l'axe est une tige mobile traversant à la fois le corps de la chape et les deux colliers rivés sur la porte. Les poulies *b'* étant exposées à des accidents assez nombreux, l'expérience a montré qu'il y avait des avantages sérieux à la disposition de Saint-Servan qui permet les remplacements de poulies et chapes

Fig. 11. — Disposition générale des appareils de manœuvre des portes d'écluse.



depuis l'extérieur, par simple enlèvement de l'axe mobile. A Saint-Malo, par contre, il faut déboulonner et reboulonner les colliers, et, par conséquent, descendre dans le vantail pour changer une poulie.

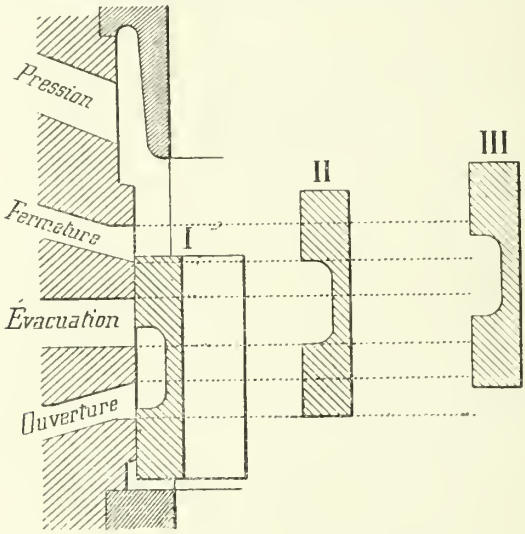
Le mouvement d'ouverture et de fermeture se comprend de lui-même, suivant que l'une ou l'autre chaîne est tirée par l'un des appareils.

Les deux appareils commandant un vantail sont logés dans un même évidement de maçonneries que recouvrent des tôles situées au niveau général du sol. Chacun d'eux comprend un cylindre horizontal avec piston en fonte

Le fond du cylindre, par où arrive l'eau sous pression, porte deux poulies montées sur le même axe; l'extrémité du piston porte trois poulies semblables qu'il entraîne dans son mouvement de va-et-vient; il est dirigé par deux glissières horizontales qui supportent le poids de la partie mobile.

La région avant de chaque cylindre porte une tubulure, voisine du presse-étoupe, et qui, par le jeu de deux pointeaux à vis qui y sont établis, peut être mise en communication avec une conduite d'évacuation ou avec un branchement de la conduite de pression allant du fond du cylindre au tiroir de distribution.

Fig. 12. — Manœuvre des portes d'écluse de Saint-Malo.
Distribution de l'eau dans les presses et tiroirs.



Si la partie avant du cylindre est en communication avec la conduite de pression, l'arrivée de l'eau comprimée se fera à la fois en arrière et en avant du piston et n'agira, finalement, que sur une surface égale à la section de la tige; on dispose alors du «petit pouvoir». Si, au contraire, les pointeaux ont été disposés pour que l'avant du cylindre communique avec le tuyau d'évacuation, l'arrivée de l'eau comprimée se faisant sur la seule face arrière donnera un effort plus considérable; on manœuvre alors avec le «grand pouvoir».

La distribution d'eau aux deux cylindres se fait par un tiroir unique dont le déplacement s'obtient en élevant ou en abaissant, par le mouvement d'une vis dans un écrou, l'extrémité d'un balancier sur lequel la tige du tiroir est articulée.

La manœuvre est très simple :

Si on suppose la porte fermée et appuyée contre le buse, le piston de l'appareil de fermeture est à bout de course, le piston de l'appareil d'ouverture O est au contraire près du fond de son cylindre ; ceci exige qu'à la fin de la dernière manœuvre, F ait été en communication avec la pression et O avec l'évacuation.

Le tiroir occupait donc la position désignée par I sur le schéma (fig. 12). Si le tiroir est relevé, il arrive un moment, position II, où l'appareil de fermeture est mis en relation avec l'évacuation à l'instant où l'appareil d'ouverture reçoit la pression ; la manœuvre d'eau se fait en grand dans la position III. Dès lors, dans le cas où les pointeaux sont mis dans la position du grand pouvoir, le piston de l'appareil d'ouverture est poussé en avant par la force $PS-p(S-s)$ et tend la chaîne qui ramène le vantail dans son enclave. Pendant ce temps, le piston de fermeture communique sur sa face arrière avec le tuyau de retour par l'intermédiaire du tiroir, tandis que sa face avant se trouve également à la pression de retour, mais directement sans passer par le tiroir. En raison des quelques mètres de pression d'eau dans la conduite de retour, ce piston est donc soumis, par là, à une force le maintenant en avant, mais le mouvement de la porte vient à tendre sa chaîne si elle ne l'était pas tout d'abord, et l'oblige ensuite à refouler le piston et à chasser, au retour, l'eau qui se trouvait en arrière et dont une partie est d'ailleurs compensée par l'eau venant sur la face avant. Cette tension simultanée des deux chaînes empêche le vantail de prendre de la vitesse. Si l'on se trouvait dans la position du petit pouvoir, le résultat serait le même pour l'appareil de fermeture, mais l'eau refoulée par le piston passerait entièrement par le tiroir.

La manœuvre de fermeture se comprend d'après celle qui vient d'être décrite.

On obtient finalement le mouvement du vantail en plaçant le tiroir à l'une de ses positions extrêmes et admettant la pression par son pointeau d'arrêt.

La marche avec grand pouvoir exige que la garniture du piston soit en bon état ; quand les cuirs embontis qui empêchent les fuites entre le plateau du piston et le cylindre viennent à manquer, on recourt au petit pouvoir puisque le piston ne fonctionne plus, dans ce cas, que comme plongeur d'un diamètre égal à celui de sa tige ; mais cette marche n'est pas suffisante dans tous les cas.

Les chaînes devaient, d'après le devis-programme, pouvoir exercer un effort de traction de 2.500 kilog. au moins. On y est arrivé en donnant aux différents organes les dimensions ci-après :

Diamètre intérieur de chaque cylindre	$0^{m},27$
Diamètre du cylindre creux formant la tige du piston et traversant le presse-étoupe	0 ,20
Course du piston	1 ,50
Nombre de brins de chaînes	6
Surface du piston S	$572^{cm^2},55$
Surface de sa tige s	314 ,15
Effort sur le piston pour une pression P de 50 kilog. et une contre-	

pression de retour de 2 kilog. (grand pouvoir) $E = PS - p$ $(S - s) =$	28.110 kilog.
Effort sur le piston (petit pouvoir) : $E' = P\,s =$	15.707
Consommation d'eau pour une ouverture ou une fermeture ..... { grand pouvoir	$85^{lit},80$
petit pouvoir	47 ,10

Les résistances à déduire de l'effort E sur le piston, pour arriver à apprécier l'effet utile, comprennent : le frottement de la garniture du piston $\frac{E}{100}$, le frottement du presse-étoupe, le frottement des glissières $\frac{2\,E}{100}$, le frottement des poulies et chaînes $\frac{30\,E}{100}$ (variable suivant le graissage), la résistance de l'appareil en évacuation ; on peut ainsi, approximativement, évaluer à un minimum de $\frac{0,65\,E}{6}$, soit 0,11 E, l'effort utilisable sur le premier brin agissant.

Dans le cas où les appareils précédents ne peuvent être utilisés pour la manœuvre des vantaux (rupture de chaînes, poulie brisée, etc.), les manœuvres se font en utilisant les cabestans hydrauliques les plus voisins pour la traction d'une amarre frappée sur le vantail à mouvoir et convenablement orientée par renvoi sur une poulie.

Vannes des aqueducs et leurs appareils de manœuvre.

Il convient de distinguer, d'une part, les vannes établies dans les massifs des chardonnets pour la fermeture des extrémités des grands aqueducs voûtés de $1^m,80$ de largeur et $2^m,75$ de hauteur sous clef parcourant toute la longueur du bajoyer ; d'autre part, les petites vannes, au nombre de trois par bajoyer, fermant les ouvertures de un mètre de largeur sur deux mètres de hauteur, par lesquelles les grands aqueducs communiquent avec le sas, la manœuvre de ces petites vannes est évidemment peu fréquente.

Grandes vannes. — Les grandes vannes de l'écluse de Saint-Malo sont constituées par des plaques de fonte renforcées par des nervures ; la plaque de fonte, épaisse de 32 millimètres, mesure $2^m,72 \times 1^m92$; les nervures portent l'épaisseur de la vanne à 275 millimètres ; chacune des nervures horizontales comporte une âme de 25 millimètres et une semelle de 32 millimètres, large de 150 millimètres ; leur espacement d'axe en axe est de 432 millimètres ; les nervures verticales extrêmes sont en forme d'U avec les ailes tournées vers l'extérieur. Une seule autre nervure verticale constituée par une âme de 30 millimètres reste dans l'axe de la vanne. L'appui se fait par un cadre de bronze, fixé à la vanne, de 12 millimètres d'épaisseur pour 60 millimètres de largeur, et s'appliquant sur un cadre fixe identique, également en bronze, porté lui-même par un cadre en fonte scellé dans la pierre. Dans son mouvement, la vanne est guidée par des glissières en fonte encadrant les arêtes verticales de la face

arrière. Quand la vanne est baissée, elle repose sur un socle en fonte. La partie supérieure de la vanne porte trois attaches doubles vennes de fonte avec elle et permettant d'atteler la tige de commande une hydrauliquement et deux autres tiges destinées à la commande de la vanne par manœuvres à bras. Les vannes d'aval de Saint-Malo se sont rompues en service à peu près suivant une section horizontale et ont été rattachées par des fers boulonnés.

Cette description n'est pas exacte pour les vannes de Saint-Servan dont l'exécution avait été commencée par la Société l'Hydraulique. Ces vannes sont exécutées en tôle avec double bordé et entretoises horizontales espacées de 500 à 675 millimètres; une bordure en fonte épaisse de 40 millimètres est boulonnée sur le pourtour en avant et en arrière, et sert d'appui et de guide entre des cadres fixes également en fonte.

Deux groupes de fers plats symétriquement disposés sur les deux faces de la vanne et rivés sur toute sa hauteur servent à la fixation d'un balancier attelé en son milieu à la tige de commande de la vanne. D'autre part, l'extrémité des mêmes fers plats est directement reliée à deux autres tiges servant, le cas échéant, à la manœuvre à bras.

Mécanisme de manœuvre des grandes vannes. — La tige centrale, attelée à chacune des vannes, est en même temps la tige d'un piston, mobile dans un cylindre vertical; la vanne est ainsi directement commandée par le mouvement du piston obéissant à l'action de l'eau sous pression. Le cylindre est en fonte avec chemise intérieure en bronze. La tige du piston, en fer forgé, est également chemisée en bronze.

La partie inférieure du cylindre communique invariablement avec la conduite de pression; le haut du cylindre, par le mouvement d'un tiroir, à Saint-Malo, et par le jeu bien plus compliqué d'un groupe de quatre pointeaux conjugués, à Saint-Servan, peut être mis en relation avec la conduite de pression ou avec le tuyau de retour.

Quand on relève la vanne, le haut du cylindre est à l'évacuation et la pression agit sur la partie annulaire du piston qu'elle soulève; pour descendre la vanne, le haut du cylindre est mis en communication avec la pression et celle-ci, agissant sur les deux faces à la fois, donne une résultante dirigée vers le bas et correspondant à la section de la tige.

Caractéristiques de ces appareils (Saint-Malo).

Diamètre du cylindre intérieur	210 millim.
Diamètre du cylindre extérieur	310
Effort disponible au soulèvement en comptant une pression de 50 kilogr. et une contre-pression en retour de 2 kilog. :	
$\frac{\pi}{4}\left(\overline{21}^2 - \overline{11}^2\right) \times 50 - \frac{\pi}{4}\overline{21}^2 \times 2 =$	11.873 kilogr.
Effort disponible pour la descente :	
$\frac{\pi}{4} \times \overline{11}^2 - \times 50 =$	4.751

Course du piston . . . . . $2^{m},65$

Consommation d'eau pour élever la vanne :

$$\frac{\pi}{4}\left(\frac{\overline{21}^{2}}{1}\ \frac{\overline{11}^{2}}{1}\right)\times 26,5 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 66^{lit},59$$

Consommation d'eau pour l'abaisser :

$$\frac{\pi}{4}\,\overline{1,1}^{2}\times 26,5 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 25\ ,18$$

Les vannes sont ainsi établies pour pouvoir être manœuvrées par l'action de l'eau sous pression avec une dénivellation de 5 mètres. Il a fallu, d'autre part, prévoir la manœuvre à bras à titre de secours. A cette fin, les deux attaches latérales de la vanne sont liées à deux barres verticales assemblées à deux fortes crémaillères engrenant avec deux pignons montés sur un arbre horizontal établi vers l'extrémité inférieure du cylindre. Cet arbre porte à l'une de ses extrémités une troisième roue dentée qui reçoit un mouvement d'une vis sans fin montée sur un arbre vertical, et sur lequel peut s'adapter une tête de cabestan mobile portant deux bras.

Lorsqu'on manœuvre les vannes avec l'appareil hydraulique, celui-ci entraîne les crémaillères qui font tourner l'arbre horizontal et, par leur liaison, empêchent tout déversement de la vanne. Mais l'arbre vertical, portant la vis sans fin, ne participe pas au mouvement, car il se trouve débrayé par un contrepoids qui maintient la vis constamment soulevée au-dessus du plan diamétral de la roue qu'elle peut commander. Pour une manœuvre à bras, l'embrayage est obtenu par une simple rotation de l'arbre vertical s'abaissant déjà sous l'action de la clef de manœuvre, après quoi, l'action du contrepoids est annulée par la présence d'une butée mobile venant au-dessus d'un épaulement de l'arbre vertical.

On a calculé l'effort au soulèvement E, en tenant compte du poids et des résistances propres de l'appareil, lesquels s'ajoutent à l'effort de glissement de la vanne sur un cadre (pris égal à 0,16 de la pression appliquée), et l'on a admis qu'à raison du frottement de la vis, le travail à effectuer par les hommes au cabestan serait $2\,E\,h$, h étant la course de la vanne. Le pas de la vis est de 0,06, et la roue hélicoïdale a 0,35 de diamètre; comme elle doit, par suite des données de la construction, faire 3 tours pendant le déplacement de la vanne, la manœuvre complète exige 55 tours de cabestan. Ceci permet d'apprécier qu'on fera la manœuvre en 8 minutes environ, en appliquant un effort d'environ 25 kilogrammes sur chacune des 2 barres du cabestan, à 2 mètres de l'axe de l'arbre vertical. Cet effort est réalisé facilement par 2 hommes que le calcul précédent suppose marcher à la vitesse de $1^{m},50$ par seconde.

Les appareils de manœuvre des grandes vannes fournies par la Société l'Hydraulique, et en service à Saint-Servan, ont des dimensions un peu inférieures à celles qui viennent d'être indiquées.

Pour la manœuvre à bras, la vis sans fin agissant sur la roue à engrenage

hélicoïdal est remplacée par un engrenage d'angle dans les 2 vannes situées sur le bajoyer, côté ville de Saint-Servan; la démultiplication des efforts n'est pas suffisante et la manœuvre avec le personnel de l'écluse est pratiquement à peu près impossible. Il faudrait, en effet, moins de 8 tours de ce cabestan pour lever la vanne, alors que la vis sans fin en exige 55 pour produire le même travail.

Finalement, les grandes vannes de Saint-Servan diffèrent de celles de Saint-Malo par la nature du métal mis en œuvre, par la réduction des dimensions des organes de manœuvre, par la complication du mécanisme de leur commande et, pour deux d'entre elles, par les mécanismes de manœuvres à bras.

Petites vannes. — Les petites vannes de Saint-Malo sont construites en fonte comme les grandes, mais comportent des nervures horizontales seulement (épaisseur de la plaque, 25 millimètres). L'intervalle supérieur renferme, toutefois, 3 éléments de nervures verticales intéressant toute sa hauteur et situées au droit des différentes tiges de traction.

A Saint-Servan, les petites vannes sont construites en tôle; elles comportent 2 bordés espacés de 12 centimètres, reliés par 5 entretoises horizontales et 2 montants latéraux. Comme pour les grandes vannes de la même écluse, un cadre en fonte se trouve sur le pourtour de chacune des faces.

Mécanisme de manœuvre des petites vannes. — Le système de manœuvre des petites vannes est celui déjà exposé pour les grandes vannes avec les dimensions caractéristiques ci-après :

Diamètre intérieur du cylindre	130 millim.
Diamètre extérieur du cylindre	200
Diamètre de la tige	70
Course	2 mèt.

A l'écluse de Saint-Malo, la manœuvre à bras se fait par vis sans fin, exactement comme pour les grandes vannes de cette écluse.

A Saint-Servan, les cylindres sont placés assez loin du sol dans les puits; la manœuvre hydraulique y est commandée par tiroir, comme pour les petites vannes de Saint-Malo; mais, pour la manœuvre à bras, les crémaillères sont remplacées par des chaînes, ce qui suppose que la vanne s'abaisse sous l'action de son propre poids. Ces chaînes s'enroulent autour d'un tambour horizontal voisin du sol; il est commandé par un engrenage conique dont une des roues est solidaire du tambour, et l'autre fixée sur l'axe vertical de commande; un cliquet empêchant la rotation permet de maintenir la vanne levée, suspendue par les chaînes.

Le mode d'action des 2 tiges de cabestan qu'on doit engager dans 2 logements spéciaux de peu de profondeur, pratiqués dans l'épaisseur de la roue à cliquets dont il vient d'être question, ne permet guère d'élever les vannes

à bras. La vanne étant montée avec l'appareil hydraulique, l'appareil à bras sert à l'enroulement des chaînes et au calage final de la vanne suspendue à ces chaînes quand le tambour d'enroulement est immobilisé par son cliquet.

Pour une course de 2 mètres, les dépenses en eau par petite vanne sont :

A l'ouverture, environ	19^{m},0
A la fermeture	7 ,7

CABESTANS HYDRAULIQUES.

Il existe à chaque écluse 4 cabestans hydrauliques placés au droit des vannes et plus en arrière des bajoyers, de telle sorte qu'ils sont à égale distance des portes d'èbe et de flot d'une même extrémité; ils devaient pouvoir développer à volonté un effort de traction de 1.500 kilogrammes avec une vitesse de 10 mètres par minute, ou un effort de 500 kilogrammes avec une vitesse de 30 mètres par minute. En arrière de ces cabestans, également manœuvrables à bras, se trouvent 4 autres cabestans dépourvus de mécanisme hydraulique.

Chaque cabestan hydraulique se compose essentiellement d'un tambour d'enroulement à axe vertical; à la partie supérieure se trouve une couronne comprenant des logements pour les barres de la manœuvre à bras; la partie inférieure du tambour porte 4 cliquets pour empêcher le dévirage. Le tambour est calé sur un arbre vertical portant à son extrémité inférieure une roue dentée conique placée dans un plan horizontal. Cette roue comptant 44 dents engrène avec une roue de 14 dents calée sur un arbre horizontal, portant 2 pignons dentés A et B, qui tournent avec lui et dont les diamètres primitifs sont de 594 millimètres pour 42 dents, et de 354 millimètres pour 25 dents. Ces 2 pignons sont en prise à la fois avec 2 roues dentées ayant pour diamètres primitifs : A′, 283 millimètres pour 20 dents, et B′, 523 millimètres pour 37 dents. Ces roues sont folles sur l'arbre de rotation β du moteur. Un manchon d'embrayage M, glissant le long de l'arbre sur rainure et clavette, dans l'intervalle des roues dentées, communique directement le mouvement de rotation de l'arbre à celle de ces roues avec laquelle on le met en prise. Un levier mobile commande, par l'intermédiaire d'une fourche, le déplacement du manchon.

Quand A′ est embrayée, les vitesses de rotation des arbres β et α sont dans le rapport $\frac{42}{20}$. Au contraire, quand B′ est embrayée, le rapport des vitesses est $\frac{25}{37}$. Le rapport des vitesses réalisées dans les 2 cas sur l'arbre β pour une même vitesse de rotation du moteur est donc $\frac{42}{20} \times \frac{37}{25} = 3,18$.

Le moteur agissant sur une manivelle de l'arbre β est un moteur Brotherhood à 3 cylindres, à garniture de bronze, établis dans un même plan

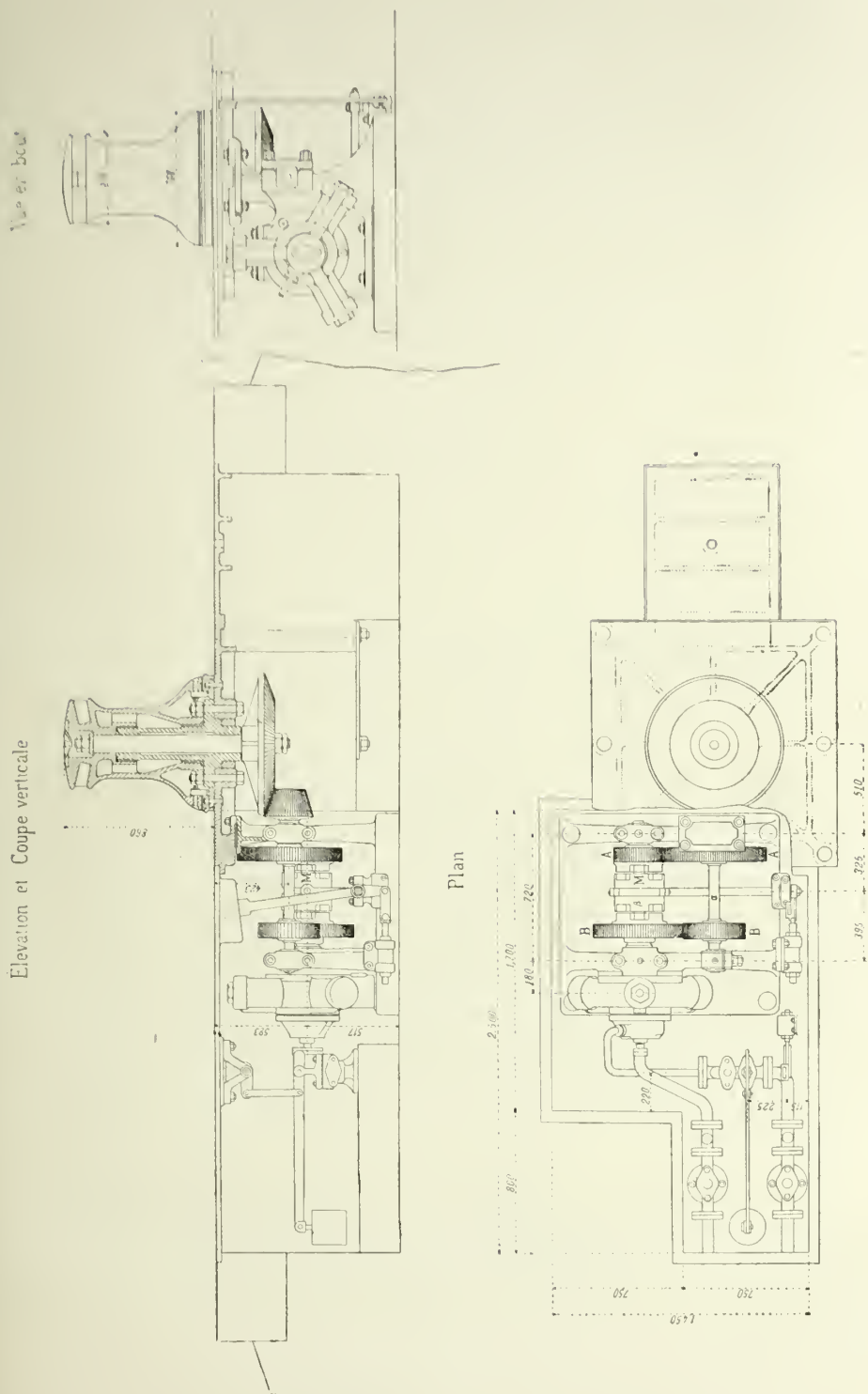


Fig. 13. — Cabestan hydraulique.

Échelle de 0.025 pour 1 mètre.

vertical et faisant entre eux un angle de 120°. L'eau n'arrive que sur le dessus des pistons en bronze. L'alésage des cylindres est de 88 millimètres, la course de 80 millimètres. La distribution d'eau se fait par tiroir tournant entraîné par l'arbre.

Un dessin (fig. 13) précise l'aspect de l'ensemble du cabestan auquel les dispositions réalisées évitent le reproche de difficulté d'accès au moteur indiqué dans le *Cours de travaux maritimes* (Quinette de Rochemont et Desprez, t. II, p. 357).

En petite vitesse, le rapport du nombre de tours du moteur à celui du cabestan est, d'après les chiffres précédemment indiqués, $\frac{44}{14} \times \frac{42}{20} = 6,6$. Le diamètre du cabestan étant compté en moyenne pour $0^{m},42$, le nombre de tours de la cloche pour un parcours de 10 mètres du câble tiré est $\frac{10}{\pi \times 0,42}$ $= \frac{10}{1,319} = 7^{\text{tours}},57$, et le moteur doit faire dans le même temps $6,6 \times 7,57 = 50$ tours.

D'après les dimensions des cylindres et la course, chaque tour consomme $1^{\text{lit}},46$ d'eau; l'enroulement de 10 mètres de câble en grande force exige donc $1,46 \times 50 = 73$ litres.

Finalement, on doit compter comme dépense d'eau, pour enrouler un mètre d'aussière tendue à 1.500 kilogrammes (petite vitesse), $7^{\text{lit}},3$, et pour enrouler un mètre d'aussière tendue à 500 kilogrammes (grande vitesse), $2^{\text{lit}},35$.

APPAREILS DE MANOEUVRE DES PONTS ROULANTS.

Les appareils comprennent essentiellement :

1° Une presse hydraulique verticale logée dans une fosse à l'aplomb du centre de gravité du pont et servant au soulèvement du pont et à son abaissement; cette presse forme balance hydrostatique avec un récupérateur spécial diminuant la dépense d'eau;

2° Quatre galets doubles, mobiles dans le sens transversal du pont; ces galets sont amenés sous les poutres au moment où le pont va être ouvert et retirés quand le pont est remis en place sur les maçonneries;

3° Deux appareils funiculaires qui servent à imprimer au pont les mouvements de translation;

4° Quatre heurtoirs ou tampons de butée placés dans l'alignement des poutres.

Presse de soulèvement et récupérateur. — La presse hydraulique centrale est logée dans une fosse carrée de $3^{m},50$ de côté communiquant avec l'extérieur de l'encuvement par une glissière à découvert assez spacieuse pour qu'il soit possible, le cas échéant, de sortir le corps de la presse sans avoir à déplacer le pont.

La presse de soulèvement A (voir fig. 5) est construite en deux tronçons réunis par des brides boulonnées ; le tronçon inférieur a 88 centimètres de hauteur, $1^{m},06$ de diamètre intérieur et 14 millimètres d'épaisseur; il est fermé, dans le bas, par un bouchon en fonte et encastré dans une chaise en fonte C, où il est maintenu par une large clavette en fer forgé.

Le tronçon supérieur de la presse a $1^{m},580$ de hauteur, $1^{m},04$ de diamètre intérieur et 14 millimètres d'épaisseur; il présente à l'intérieur un renflement de 2 centimètres de saillie, qui sert de butée pour empêcher le plongeur de sortir de la presse.

Un presse-étoupe forme le joint supérieur.

La presse est maintenue en place par quatre barreaux en fonte à nervures D, dont une extrémité s'appuie sur la bride d'assemblage des deux tronçons et dont l'autre extrémité repose sur des pièces de fonte encastrées et boulonnées dans les parois en maçonnerie de la fosse.

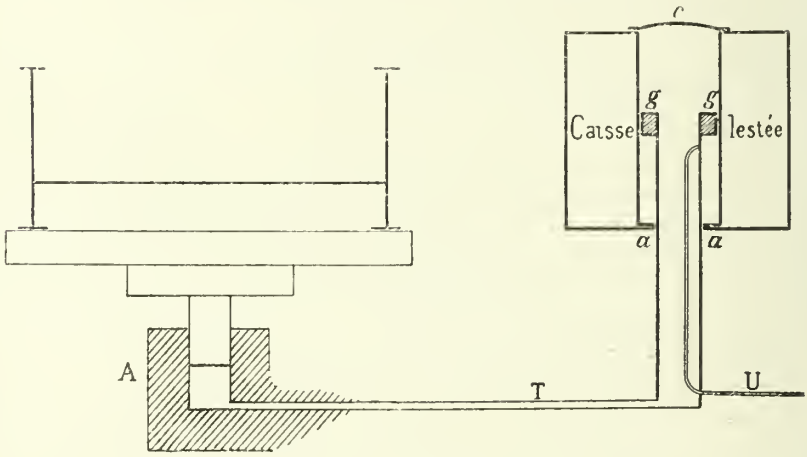
Le plongeur B est un cylindre creux en fonte de $2^{m},200$ de hauteur totale, fermé dans le bas par un bouchon; son diamètre est de 1 mètre pour la partie supérieure qui traverse le presse-étoupe, c'est-à-dire sur une hauteur de $1^{m},525$; à la partie inférieure, sur une hauteur de 675 millimètres, le diamètre est porté à $1^{m},04$, de façon à former un renflement qui bute sur celui que l'on a réservé à l'intérieur du cylindre, et limite la course du plongeur pendant le soulèvement du pont. La tête du plongeur s'encastre librement dans le sommier fixé sous le chevêtre. Un tuyau, partant du bas du cylindre de la presse, établit la communication avec le récupérateur; ce tuyau est muni, à proximité de la presse, d'un appareil de sûreté destiné à empêcher la chute du plongeur et celle du pont, en cas de rupture dans les conduites. C'est une boîte contenant une soupape pressée sur ses deux faces par l'eau comprimée; en raison de l'espace occupé par la tige de cette soupape, la section de la partie inférieure de la boîte est un peu plus grande que celle de la partie supérieure, et l'excès de pression maintient la soupape soulevée pendant la montée et la descente du plongeur. Mais si, par accident, la pression dans la conduite se trouve détruite, la soupape, n'étant plus pressée que sur la face supérieure, se ferme instantanément et arrête la sortie de l'eau contenue dans la presse.

Le diamètre du plongeur de la presse centrale a été calculé pour assurer la stabilité du pont pendant le soulèvement. Il en résultait une section trop grande pour l'emploi de l'eau à 50 kilogrammes que devait fournir l'accumulateur, et, de plus, la consommation aurait été considérable. C'est pourquoi on a imaginé de mettre le pont en équilibre avec un récupérateur qui n'exige que très peu d'eau à 50 kilogrammes pour transmettre au plongeur une pression de 38 kilogrammes, suffisant au soulèvement du pont.

Ce récupérateur (fig. 14) comprend une tige de piston creuse et fixe par où arrive l'eau du tuyau T venant de la presse. La tige repose sur la fondation au moyen d'un patin circulaire de $1^{m},40$ de diamètre renforcé par des nervures; elle est munie dans le haut de bagues en fer formant un piston garni de 2 cuirs emboutis; le tout est maintenu en place par une plaque en fonte boulonnée.

Le long de ce piston fixe se déplace un cylindre, muni d'un presse-étoupe à la partie inférieure, solidaire d'une caisse lestée, et que soulève l'eau arrivant par la partie centrale, pourvu que la partie annulaire soit mise à l'évacuation par un tuyau U. On conçoit que le pont suffise par son poids à faire soulever la caisse et la faire monter à fond de course quand lui-même arrive à sa position de service; par contre, c'est le pont qui est soulevé quand de l'eau sous pression est amenée par le tuyautage U et donne une réaction vers le bas sur la partie annulaire *a a* du cylindre mobile La dépense d'eau pour une manœuvre se réduit donc à la quantité nécessaire pour remplir l'espace annulaire compris entre la paroi du cylindre et la tige du piston fixe. Cette disposition du piston fixe et du cylindre mobile a l'avantage de permettre la réfection des garni-

Fig. 14. — Schéma de la presse et du récupérateur.



tures *g g* par enlèvement du couvercle *c*, c'est-à-dire beaucoup plus facilement qu'on ne saurait le faire avec la disposition inverse d'un piston mobile qu'il faudrait sortir du cylindre et, par conséquent, décharger de sa caisse de lest.

Le tuyautage U est, en fait, réalisé par une cavité cylindrique de 85 millimètres de diamètre ménagée dans un renflement intérieur du piston, venu de fonte avec lui, et dirigé suivant une de ses génératrices.

D'après le principe du système, il convient que les capacités de la presse et du récupérateur soient les mêmes; il en résulte que la course du cylindre doit être constante dans chaque manœuvre. Quand, par suite des fuites, la caisse de charge se trouve, au début de la manœuvre, un peu au-dessous d'un repère établi à cette fin, il convient d'introduire tout d'abord dans le cylindre la quantité d'eau sous pression nécessaire pour compenser les pertes.

DIMENSIONS PRINCIPALES DES APPAREILS DE SOULÈVEMENT.

Diamètre du plongeur	$1^{m},00$
Course réalisée dans la levée du pont pour permettre le mouvement des galets (course totale du récupérateur)	0 ,873
Course totale limitée par butée du plongeur contre le cylindre	1 ,00
Épaisseur du plongeur (fonte)	0 ,08
Diamètre intérieur du cylindre de la presse	1 ,04
Épaisseur des parois du cylindre (fonte)	0 ,14
Diamètre intérieur de la tubulure de communication entre la presse et le récupérateur	0 ,10
Diamètre intérieur du cylindre du récupérateur	0 ,54
Épaisseur du cylindre du récupérateur	0 ,08
Diamètre extérieur de la tige du piston du récupérateur	0 ,48
Épaisseur de la tige du piston du récupérateur	0 ,06
Section de l'espace annulaire :	
$\frac{\pi}{4}(\overline{54}^2 - \overline{48}^2)$	$480^{cm2},6$
Effort produit sur cette section en introduisant de l'eau comprimée à 50 kilogrammes par centimètre carré, environ	24 tonnes.
Course totale du récupérateur, levant la presse de $0^{m},873$	$3^{m},00$
Dépense d'eau pour une manœuvre :	
(Course de 3 mètres) $4,806 \times 30 =$	144 lit.
Sans récupérateur, l'introduction directe de l'eau sous la presse exigerait $\frac{\pi}{4} \times \overline{10}^2 \times 873 =$	687 lit.

Galets de roulement. — Les galets doubles amenés sous les fermes du pont pour en permettre la translation sont montés sur une chaise en fonte dont la plaque inférieure, de 55 millimètres d'épaisseur, mesure $1^{m},05 \times 1^{m},42$. Cette plaque porte, par des surfaces dressées, sur une plaque d'assise fixe de $2^{m},49 \times 1^{m},25$, également en fonte et rabotée, dont les rebords servent de guide à l'ensemble mobile. Le glissement s'obtient par le mouvement d'une tige attelée sur la chaise d'une part et reliée, par son autre extrémité, à un piston se déplaçant dans un cylindre.

La face du piston située du côté de la tige est invariablement mise en communication avec la conduite de pression; l'autre face, suivant le cas, est mise en communication avec la pression ou le retour. Le système rappelle donc celui des vannes. Le poids de la partie mobile étant d'environ 3.800 kilogrammes, il suffirait d'un effort de traction d'environ 700 kilogrammes pour produire le glissement, en admettant un coefficient de glissement de 0,18. On s'est assuré un excès de puissance pour parer aux circonstances les plus défavorables en donnant aux appareils les dimensions ci-après :

Diamètre extérieur du cylindre chemisé en fonte sur 7 millimètres	180 millim.
Diamètre intérieur	110
Diamètre de la tige	78
Course du piston	930

Effort disponible pour une pression de 48 kilogrammes, environ.		2.000 kilogr.
Dépense d'eau pour pousser les galets sous le pont :		
$\frac{\pi}{4}\overline{0,78}^2 \times 9,3 =$	$4^{lit}, 43$	$8^{lit}, 82$
Dépense d'eau pour ramener les galets :		
$\frac{\pi}{4}(\overline{1,1}^2 - \overline{0,78}^2) \times 9,3 =$	$4, 39$	
Dépense pour une manœuvre complète des 4 galets : $4 \times 8,82 =$		$35^{lit}, 28$

Un appareil de distribution unique commande à la fois les 4 galets.

Appareils pour le mouvement de translation. — Les appareils de translation du pont (voir fig. 5) sont du même type que les appareils funiculaires des portes; de chaque côté du chevêtre se trouve un cylindre dans lequel se déplace un piston. Le fond du cylindre et l'extrémité du piston portent des poulies sur lesquelles s'enroulent les chaînes dont l'une des extrémités est fixée au chevêtre et dont l'autre, après renvoi sur une poulie à peu près horizontale, s'allonge suivant l'axe du pont et est amarrée sous le tablier.

Quand le piston du cylindre, côté de la culasse, est refoulé, le bout de chaîne libre qui va à la volée doit diminuer de longueur et le pont recule pour dégager la passe d'une longueur huit fois plus considérable que le déplacement du piston, puisqu'il y a 8 brins. Le piston du second cylindre se déplace naturellement en sens inverse et produira la fermeture de la passe dans les mêmes conditions.

La liaison des cylindres avec le chevêtre permet de tenir les appareils et, en particulier, la poulie de renvoi aussi près que possible du niveau du tablier soulevé; de cette manière, les chaînes sont très sensiblement horizontales et la composante verticale de l'effet de traction est aussi réduite que possible.

Les pistons sont des plongeurs; il n'y a donc d'autre garniture à faire que celle du presse-étoupe. Pour soutenir le piston dans son mouvement, sa tête s'appuie sur des glissières de 65 sur 90 millimètres et, en outre, le corps du cylindre porte, vers le tiers avant de sa longueur, un renflement intérieur alésé restant en contact avec le piston dans sa course.

L'emploi de plongeur n'exige qu'un seul tuyautage arrivant au fond du cylindre et communiquant, suivant le cas, avec la pression ou avec l'évacuation. Ce tuyautage est articulé, puisque le cylindre se déplace avec le chevêtre.

Il avait été prévu qu'un appareil spécial fermerait l'arrivée d'eau aux cylindres quand le pont arriverait à fond de course, mais ce dispositif n'a pas été conservé, et c'est au mécanicien de manœuvrer le pont de façon à lui faire atteindre les butoirs avec une vitesse réduite.

Diamètre du piston plongeur.....	380 millim.
Épaisseur du piston (fonte).....	35
Épaisseur du cylindre.....	55
Diamètre des chaînes.....	25

Course du pont	19m,60
Course des pistons	2 ,45
Dépense d'eau pour une seule opération de translation	278 litres.

Pour une manœuvre complète du pont, la dépense d'eau normale s'établit donc ainsi :

1° Ouverture de la passe.

Soulèvement du pont de 0 m. 873	144 litres.
Manœuvre des galets	18
Translation	278

2° Fermeture.

Translation	278
Soulèvement de 0, 05 à la pression directe pour dégager les galets	40
Manœuvre des galets	18
Total	776

Mécanismes de distribution. — Ces appareils, réunis avec le récupérateur dans un pavillon de manœuvre contigu au pont, sont installés pour être manipulés par le mécanicien placé debout et de telle sorte qu'il puisse voir, par le vitrage de la pièce, tous les mouvements du pont. Des indications peintes sur le pont le préviennent d'ailleurs du moment où le tablier arrive à bout de course.

Le pavillon renferme ainsi sur une même ligne :

Une boîte de distribution pour le mouvement de levée et d'abaissement du pont;

Un tiroir pour commander les appareils de galets mobiles;

Un tiroir semblable pour la manœuvre de va-et-vient.

La boîte de distribution comprend :

1° 2 grands pointeaux maniables par volants et fermant, l'un A l'arrivée de pression, l'autre B la conduite de retour;

2° 2 pointeaux à clef mobile C et D commandant la communication avec la presse centrale du pont et l'espace annulaire du récupérateur;

3° 2 pointeaux à axe vertical E et F (les précédents étant tous à axe horizontal) maniables par volants et servant à mettre la presse en relation avec la pression ou l'évacuation, par l'intermédiaire d'un tuyautage spécial *t*.

Les manœuvres diverses s'expliquent ainsi facilement avec l'aide de la figure schématique ci-dessous.

Supposons, préalablement ouverts, le robinet qui commande l'arrivée d'eau au pavillon et le robinet qui se trouve sur le tuyautage allant de la presse centrale au récupérateur; il y aura tout d'abord à réparer les pertes du récupérateur.

Pour cela, il faut :

1° Ouvrir l'évacuation par le pointeau B, ce qui permettra l'échappement de

l'eau de l'espace annulaire du récupérateur (D étant normalement ouvert dans toutes les manœuvres avec récupérateur);

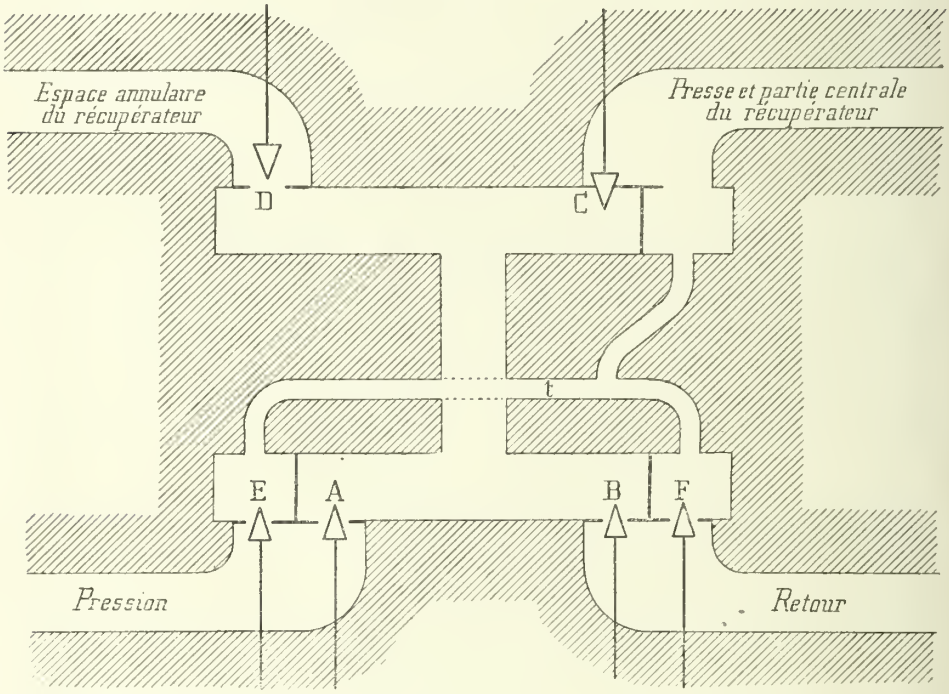
2° Ouvrir E, ce qui permet à la pression passant par le tube *t* d'aller au tuyau desservant la presse centrale et le récupérateur; celui-ci se soulève;

3° Quand le récupérateur est au niveau convenable indiqué par le repère, fermer E;

4° Fermer le retour B, puisque le récupérateur n'aura plus qu'à descendre.

On peut alors passer au soulèvement du pont en ouvrant la pression par le pointeau A; le récupérateur reçoit l'eau comprimée dans sa partie annulaire et

Fig. 15. — Schéma de la boîte de distribution.



s'abaisse pendant que le pont se soulève; on laisse A ouvert pendant le temps de la manœuvre des galets, afin d'empêcher tout abaissement du pont.

Les galets étant en place, pour y descendre le pont, on ferme la pression par A et on ouvre B pour que la partie annulaire du récupérateur soit à l'échappement; le récupérateur s'élève d'abord quand tout le pont descend, mais une fois le tablier sur les galets, le poids du chevêtre ne suffit plus à soulever le récupérateur. Il faut donc, en ouvrant F, permettre au récupérateur de descendre à fond de course sur ses supports, et, la vidange se continuant, on laisse la presse s'abaisser à son tour pour donner 3 centimètres de jeu environ

entre le chevêtre et les semelles des poutres. Pour la fin de la manœuvre, on ferme successivement B et F quand le chevêtre est dégagé.

Dans la manœuvre de remise en place du pont, on soulève légèrement le tablier et on permet le dégagement des galets par les manœuvres suivantes :

1° Ouvrir B pour que le récupérateur puisse ensuite se soulever;

2° Ouvrir E, ce qui amène d'abord le chevêtre au contact du pont et permet de monter le récupérateur d'une petite quantité;

3° Fermer E quand le récupérateur s'est ainsi élevé d'une vingtaine de centimètres;

4° Fermer B, puisqu'il n'y a plus à élever le récupérateur;

5° Ouvrir la pression A, laquelle fait descendre le récupérateur et l'amène à fond de course; le pont est alors soulevé de la quantité nécessaire au dégagement des galets et A reste ouvert pour maintenir le pont en position.

Les galets étant retirés, on ferme la pression A et on ouvre le retour B; la partie annulaire étant alors à l'évacuation, le pont redescend et le récupérateur se relève. Il ne reste plus qu'à fermer B à la fin de l'opération et, pour éviter les pertes de la presse centrale, fermer également le robinet du tuyau de communication entre la presse et le récupérateur.

On comprend facilement les manœuvres sans employer le récupérateur (cas d'avaries de celui-ci). A cette fin, le robinet entre la presse et le récupérateur reste fermé de même que le pointeau D. Par contre, C est ouvert et la série des opérations se résume ainsi : ouvrir A et le laisser ouvert pendant la manœuvre des galets, fermer A, ouvrir B, puis le fermer après descente sur les galets. Pour la remise du pont en place, on aura à ouvrir A, faire la manœuvre des galets, fermer A et ouvrir B qu'on fermera quand toute l'eau sera écoulée.

Le tiroir de commande des galets, comme celui des presses de translation, reçoit son mouvement d'une tige cylindrique en bronze actionnée par l'intermédiaire d'une bielle et d'une vis tournant dans un écrou fixe et manœuvré par un volant. Le tiroir, suivant sa position, laisse arriver la pression dans un premier tuyautage et fait communiquer le deuxième tuyautage avec le retour. Un pointeau de fermeture se trouve naturellement sur la conduite d'arrivée d'eau au tiroir. Dans le mouvement de translation, il convient que le pontier amène graduellement le tiroir à sa position moyenne pour qu'il occupe celle-ci au moment où le pont arrive à bout de course.

D'autre part, le réglage du tiroir des appareils de translation est établi de manière à donner une contre-pression assez forte dans le cylindre en évacuation; on a estimé que c'était le moyen le plus pratique d'éviter les accélérations et de rendre le mouvement du tablier sensiblement uniforme.

Pompe à bras. — Dans l'hypothèse où l'eau comprimée par la machinerie centrale viendrait à manquer, on a installé une pompe à bras dans chaque pavillon de manœuvre. Cette pompe à balancier comprend 2 plongeurs de 5 centimètres de diamètre et de 16 centimètres de course.

Pour éviter l'immobilisation par la gelée qui est d'ailleurs assez rare à Saint-

Malo-Saint-Servan, on a recours, le cas échéant, à des brûleurs à gaz pour réchauffer les conduites.

Appareils de manoeuvre du pont tournant du Talard.

Il n'y a rien de spécial à ajouter concernant les appareils de manœuvre de ce pont, complètement en dehors de l'installation générale, et pour lesquels l'eau comprimée nécessaire est fournie par une petite pompe à bras.

CHAPITRE V.

EXPLOITATION DU PORT ET STATISTIQUE.

Outillage de la Chambre de commerce et outillage particulier. — La Chambre de commerce possède et exploite une grue de 20 tonnes à bras sur le quai Duguay-Trouin.

Elle exploite, en outre, deux grils de carénage dans le port de marée, l'un vers l'écluse de Saint-Malo et l'autre près des anciennes écluses.

Il existe des grues à vapeur pour les opérations des navires, mais elles appartiennent à des particuliers qui s'en servent pour leurs propres déchargements ou ceux qu'ils effectuent pour des tiers; 17 grues à vapeur de 1.500 à 2.000 kilogrammes, dont 2 à Saint-Servan, servent spécialement au débarquement des charbons; 5 autres grues à vapeur (3 et 5 tonnes) servent aux opérations de la compagnie du South Western Railway. Il existe, en outre, 5 grues à bras, dont une à Saint-Servan.

Droits perçus sur les navires pour la garantie des emprunts contractés par la Chambre de commerce. — La Chambre de commerce de Saint-Malo ayant eu à emprunter successivement 600.000 francs pour l'achèvement des travaux du programme de 1879, et 1.600.000 francs pour les quais des bassins construits après 1900, a été autorisée, par le décret du 30 juillet 1899, modifié le 19 septembre 1905 et le 16 août 1907, à percevoir des péages réglementés ainsi qu'il est dit ci-dessous.

Tableau des taxes établies par le décret du 30 juillet 1899.

A partir de la promulgation du décret de 1899, les péages établis au port de Saint-Malo-Saint-Servan, par les décrets des 28 avril 1886 et 14 août 1887, ont été supprimés et remplacés par les péages maxima suivants :

1° Péages sur les navires.	Par tonneau de jauge.
1° Voiliers et vapeurs en provenance ou à destination de l'étranger ou des colonies françaises	0f 45
2° Navires armés pour la grande pêche	0 45
3° Navires de plaisance	0 45
(Sont exemptés de péage. Arrêté ministériel du 19 septembre 1905) :	
4° Navires faisant le cabotage entre les ports français	0f 15
5° Navires affectés au service des voyageurs	0 15

2° Péages sur les voyageurs.

	par voyageur.
Voyageurs embarqués ou débarqués, en provenance ou à destination de l'étranger, y compris les passagers pour la grande pêche.	1f 00

(Ce péage a été réduit à 0 fr. 50 par passager pour les voyageurs excursionnistes porteurs de billets d'aller et retour valables pour un jour, et voyageant par paquebots spéciaux [arrêté du 16 août 1907 de M. le Ministre du Commerce]).

Demeurent exemptés de toute taxe :

1° Les navires appartenant à l'État ou employés à son service;

2° Les navires affectés au pilotage et au bornage;

3° Les navires pratiquant la pêche côtière;

4° Les navires entrés en relâche, à moins qu'ils ne se livrent à quelque opération de commerce;

5° Les navires sur lest et repartant sans avoir pris de chargement.

Lignes régulières de navigation.

Le port de Saint-Malo est mis en relations, par bateaux à vapeur, faisant un service régulier, avec l'Angleterre, les îles anglo-normandes et plusieurs ports français.

Service de Southampton. — Le service est assuré par la « London and South Western Railway C° »; la traversée s'effectue en une dizaine d'heures. Les départs ont lieu tous les jours, sauf le dimanche, pendant la saison d'été (deux mois environ). Le reste de l'année, il y a trois départs par semaine.

Service sur Jersey. — La même compagnie assure un service sur Jersey. Le trajet dure 2 heures 1/2. Les départs ont lieu une fois par semaine pendant l'hiver; leur nombre est augmenté pendant la belle saison et pendant le mois d'août le service est journalier.

Service sur Guernesey. — Cette ligne est desservie par un vapeur qui fait un service hebdomadaire.

Service sur Liverpool. — Cette ligne, de création récente. comporte un départ tous les samedis.

Ligne de Dunkerque-Boulogne-Brest-Saint-Malo. — Cette ligne est desservie par les vapeurs de la compagnie Chevillotte frères, qui effectuent un voyage tous les douze jours.

Ligne du Havre-Saint-Malo-Saint-Brieuc. — Ce service est hebdomadaire.

Ligne de Bordeaux. — Ce service, à peu près régulier, comporte environ deux départs par mois.

Services sur Dinard. — Avant le 1er décembre 1902, un bac à vapeur, subventionné par l'État, mettait en communication les villes de Saint-Malo et de Saint-Servan avec Dinard.

Un décret du 13 décembre 1899 ayant fixé la limite de la mer à l'écluse du Châtelier, c'est-à-dire à un point situé bien en amont du passage du bac, celui-ci naviguait dès lors en mer, et la loi du 6 frimaire an VII qui régit les passages d'eau sur les rivières navigables et flottables, cessait de lui être applicable. Aussi, lorsqu'il s'est agi de faire renouveler le bail de la ferme qui expirait le 30 novembre 1902, le Conseil d'État a-t-il rejeté le projet de décret préparé en vue de la réadjudication. En conséquence, et suivant une décision ministérielle du 12 novembre 1902, le bac a été supprimé à partir du 1er décembre suivant.

Les communications sont, depuis cette époque, librement assurées par des vapeurs, des vedettes à moteur à pétrole et des petits bateaux à voiles.

Un vapeur dont les départs ont lieu de Dinard aux heures et de Saint-Malo aux heures et demie, assure d'une manière à peu près régulière le passage des voyageurs, chevaux, voitures et marchandises, entre Saint-Malo et Dinard.

Un service analogue est assuré entre Saint-Servan et Dinard par un chaland automobile à pétrole.

En outre, pour les voyageurs munis seulement de bicyclettes ou de menus bagages, un service de vedettes automobiles à pétrole assure un passage continu entre les villes de Saint-Malo et de Saint-Servan avec Dinard. Les départs de ces vedettes se succèdent à dix minutes ou un quart d'heure d'intervalle environ à chacun des embarcadères des deux rives.

Les points d'embarquement sont : à Dinard, la cale du Bec de la Vallée; à Saint-Malo, la cale de Dinan à mer haute ou à mi-marée, et les cales des Beys à mer basse; à Saint-Servan, la cale du port Saint-Père.

Service d'été entre Saint-Malo, Dinard et Dinan par la Rance. — Un service de voyageurs a lieu pendant la saison d'été (juillet, août et septembre), de Saint-Malo et de Dinard pour Dinan et *vice-versa*.

Ce service se fait par les vapeurs de la société des Bateaux Bretons et les grandes vedettes de la société de la Côte d'Emeraude.

Les départs ont lieu : à Saint-Malo, de la Grande Porte; à Dinard, de la cale du Bec de la Vallée.

Résultats d'exploitation. — L'importance des mouvements du port de Saint-Malo-Saint-Servan est précisée par les chiffres des tableaux ci-après, qui indiquent la moyenne des constatations dans trois des dernières années :

Pêche côtière.

A peu près nulle.

Pêche de la morue.

(moyenne des années 1905, 1906 et 1907.)

Sur le grand banc de Terre-Neuve.			Côte est de Terre-Neuve.			Totaux.			Produit en argent.
Nombre de navires.	Tonnage.	Équipage.	Nombre de navires.	Tonnage.	Équipage.	Nombre de navires.	Tonnage.	Équipage.	
									francs.
100	17.795	2.840	1	259	36	101	18.054	2.876	4.320.647

Mouvement des voyageurs.

(moyenne des années 1906, 1907 et 1908.)

Ligne de Southampton.		Ligne de Jersey.		Ligne de Guernesey.		Le Hâvre à Saint-Malo (un seul sens).	Saint-Malo au Légué-Saint-Brieuc (un seul sens).	Total des voyageurs débarqués ou embarqués.
Entrées.	Sorties.	Entrées.	Sorties.	Entrées.	Sorties.			
10.804	10.320	11.564	11.946	400	365	198	70	45.667
21.124		23.510		765				

Il n'est pas tenu compte des mouvements de passagers résultant des opérations de la pêche sur le banc de Terre-Neuve et de l'envoi d'équipages pour l'armement de navires à Saint-Pierre-et-Miquelon.

Mouvement commercial. Marchandises.

(moyenne des années 1906, 1907 et 1908.)

Nombre de navires.		Tonnage de jauge.		Tonnage des marchandises.		Marchandises faisant l'objet du trafic.			
						Entrées.		Sorties.	
Entrées.	Sorties.	Entrées.	Sorties.	Entrées.	Sorties.	Désignation des marchandises.	Milliers de tonnes.	Désignation des marchandises.	Milliers de tonnes.
2.633	2.585	377.220	375.177	435.650	154.531	Houille.....	330	Pommes de terre	45
						Bois de construction..	25	Houille.....	21
						Sel.....	20	Sel	17
						Céréales....	11	Céréales....	7
				590.181		Chaux et ciment....	8	Beurre et fruits frais.	7
						Poissons salés	5		
						Bois de chauffage.....	4		

TABLE DES FIGURES.

Pages.

1. Écluse de Saint-Malo. — Plan des fondations. 12
2. Écluse de Saint-Malo. — Coupes transversales. 13
3. Porte de l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo. 15
4. Pont roulant de l'écluse du bassin à flot. — Élévation. 18
5. Pont roulant de l'écluse du bassin à flot. — Coupe transversale et plan du chevêtre. 20
6. Pont roulant de l'écluse du bassin à flot. — Extrémité de la culasse, supports à galets fixes. 21
7. Pont roulant de l'écluse du bassin à flot. — Tampons de butée. 22
8. Quai Surcouf. — Coupe transversale. 24
9. Pont tournant sur l'écluse du Talard. — Élévation, plan et coupe transversale. . 28
10. Écluse de Saint-Malo. — Plan d'ensemble. 35
11. Disposition générale des appareils de manœuvre des portes d'écluse. 37
12. Manœuvre des portes d'écluse de Saint-Malo. — Distribution de l'eau dans les presses et tiroirs. 38
13. Cabestan hydraulique. — Élévation, plan et vue en bout. 45
14. Schéma de la presse et du récupérateur. 48
15. Schéma de la boîte de distribution. 52

TABLE DES MATIÈRES.

PORT DE SAINT-MALO-SAINT-SERVAN.

Pages.

CHAPITRE I. — Renseignements géographiques et hydrographiques. — Modifications à apporter aux renseignements géographiques et hydrographiques contenus dans la notice de 1877 5

Atterrages 5
Niveau moyen de la mer 5

CHAPITRE II. — Historique 6

Dépenses concernant le port de Saint-Malo-Saint-Servan 8

CHAPITRE III. — Description des ouvrages du port 10

§ 1. Description des ouvrages construits en exécution de la loi du 31 juillet 1879. 10
Nouvelle disposition du port par l'établissement de deux barrages éclusés . . 10
Écluses. — Disposition d'ensemble 10
Procédé d'exécution des écluses et des murs-barrages adjacents 12
1° Écluse de Saint-Malo 12
2° Écluse de Saint-Servan 13
3° Barrage adjacent à l'écluse de Saint-Malo 13
4° Barrage adjacent à l'écluse de Saint-Servan 14
Dispositions communes aux maçonneries des ouvrages exécutés à Saint-Malo et Saint-Servan, pour la réalisation du programme de 1879 14
Portes de l'écluse de Saint-Malo 14
Portes de l'écluse de Saint-Servan 17
Ponts roulants 17
Chevêtre et appareils de translation 20
Galets de roulement 22
Bassins de Saint-Malo-Saint-Servan 23
Murs de quais des bassins 24

§ 2. Travaux en dehors de ceux prévus par la loi du 31 juillet 1879. — Écluse du Talard et bassin intérieur 26
Écluse et bassin 26
Pont tournant de l'écluse du Talard 27

CHAPITRE IV. — Outillage hydraulique pour la manœuvre des ouvrages établis en exécution de la loi du 31 juillet 1879 30

Machinerie centrale et canalisation 30
Bâtiments 30
Chaudières 30
Machines de compression 31

Accumulateur 33
Tuyautage. 34
Outillage propre aux écluses. 36
Appareil de manœuvre des portes d'écluse. 36
Vannes des aqueducs et leurs appareils de manœuvre. 40
Grandes vannes. 40
Mécanisme de manœuvre des grandes vannes. 41
Petites vannes. 43
Mécanisme de manœuvre des petites vannes. 43
Cabestans hydrauliques. 44
Appareils de manœuvre des ponts roulants. 46
Presse de soulèvement et récupérateur. 46
Galets de roulement. 49
Appareils pour le mouvement de translation. 50
Mécanismes de distribution. 51
Pompe à bras. 53
Appareils de manœuvre du pont tournant du Talard. 54

CHAPITRE V. — Exploitation du port et statistique. 55
Outillage de la Chambre de commerce et outillage particulier. 55
Droits perçus sur les navires pour la garantie des emprunts contractés par la Chambre de commerce. 55
Lignes régulières de navigation. 56
Service de Southampton. 56
Service sur Jersey. 56
Service sur Guernesey. 56
Service sur Liverpool. 56
Ligne de Dunkerque-Boulogne-Brest-Saint-Malo. 56
Ligne du Havre-Saint-Malo-Saint-Brieuc. 56
Ligne de Bordeaux. 57
Services sur Dinard. 57
Service d'été entre Saint-Malo, Dinard et Dinan par la Rance. 57
Résultats d'exploitation. 57
Tableaux statistiques. — Pêche côtière. — Pêche de la morue. — Mouvement des voyageurs. 58
Mouvement commercial. — Marchandises. 59
Table des figures. 61

Petit-Marais
Champ de manœuvres
Rigole de dessèchement
rève des bains
Casin
Tramway
Place de Rocabey
Écoles
Pont Fouland
Bureau du port
Jetée d'embarcadère
Gril de carénage
Petit-Talard
Dépôt du tramway
Ancienne route Nat.le No 157
Tourville
1000 Mètres

E. Pérot sc

SAINT-MALO, SAINT-SERVAN ET DINARD

Publié en 1878
Revu et corrigé dans les parties essentielles en 1890
et en 1910

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
387 F84PS C001
Ports maritimes de la France : notice co
3 0112 088303554